Zur Wirkung von Schimmelpilzen auf verschiedene Tierarten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Freien Universität Berlin

Vorgelegt von
Michael Lenz
aus Berlin

1968

1. Referent: Prof. Dr. G. Becker
2. Referent: Prof. Dr. F. Peus
3. Referent: Prof. Dr. H. Kemper
Tag der mündlichen Prüfung: 27.11.1967

Tag der Promotion: 22. APR. 1968

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Veröffentlicht in: Zeitschrift für angewandte Zoologie, 3. und 4. Heft 1968
Verlag Duncker & Humblot, Berlin

(Aus der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin-Dahlem,
Fachgruppe „Biologische Materialprüfung“,
und dem Institut für Angewandte Zoologie der Freien Universität Berlin)*

Zur Wirkung von Schimmelpilzen auf verschiedene Tierarten

1. Teil

Von Michael Lenz

(Mit 30 Abbildungen)

1. Einleitung und Aufgabe der Untersuchungen

Das komplexe Thema der Beziehungen zwischen Tieren und Mikroorganismen hat bisher nur auf wenigen Gebieten eine eingehende Bearbeitung gefunden. Während der Symbiose zwischen Tieren und Mikroorganismen schon lange großes Interesse entgegengebracht wurde (P. Buchner 1953), ist auf mögliche andere wechselseitige Einflüsse dieser Organismengruppen untereinander relativ wenig geachtet worden.

Die fördernde oder schädigende Wirkung von Bakterien, Pilzen und anderen für das Leben vieler Tiere, für Gesundheit und Ernährung des Menschen sind zu einem großen Teil erst in den letzten Jahrzehnten erkannt worden, ja vielfach erst in den letzten zehn Jahren. Fortschritte auf diesem Gebiet erfordern die Zusammenarbeit verschiedener Disziplinen der Biologie, Chemie und Medizin. Bei Fragen, die für den Menschen unmittelbar Bedeutung haben, erweitert sich dieser Kreis noch wesentlich.

Viele biologische Vorgänge, wie etwa das Geschehen im Boden, sind nur verständlich unter Beachtung der Gesamtheit von Bakterien, Aktinomyzeten, Pilzen, Algen und Tieren, die eine eng verzahnte Lebensgemeinschaft bilden (G. Müller 1965). Auch in anderen Lebensräumen, so im Holz, ließ sich bereits eine erstaunliche Vielfalt von Einflüssen zwischen Tieren und Mikroorganismen aufzeigen (G. Becker

* Die Arbeit wurde in der Abteilung „Sondergebiete der Materialprüfung“ der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin-Dahlem durchgeführt. Für Überlassung des Themas, Bereitstellung eines Arbeitsplatzes und Beratung bei der Durchführung der Untersuchungen möchte ich dem Leitenden Direktor, Herrn Professor Dr. phil. habil. Günther Becker, meinen herzlichen Dank aussprechen. Genauso herzlich danke ich Herrn Professor Dr. phil. Fritz Peus, Direktor des Institutes für Angewandte Zoologie der Freien Universität Berlin, für das Einverständnis mit dem Thema und die großzügige Unterstützung der Arbeit.

1966). Der volle Umfang dieser Beziehungen ist meist noch nicht erkannt.

Unter den Mikroorganismen haben die Pilze, besonders die Schimmelpilze (Phycomyceten, hauptsächlich aber Ascomyceten und fungi imperfecti) in den letzten Jahren große Beachtung gefunden. Pilze dienen vielen Tieren als Hauptnahrung oder werden zusätzlich mit anderem Futter aufgenommen. Die großen Basidiomyceten-Arten, vor allem Agaricales und Polyporaceae, beherbergen eine formenreiche Fauna. Je nach Pilzart und Zustand des Fruchtkörpers ergeben sich charakteristische Unterschiede in der Besiedlung der Pilze durch die Tiere. Bei Holzwespen und einigen holzbrütenden Käfern („Ambrosia-Käfer") sind neben Hefen Basidiomyceten die wichtigsten Symbiosenpartner, ferner aber auch verschiedene Bläue- und Schimmelpilze. In den Nestern gewisser Ameisen- und Termitenarten stellen Mischkulturen aus Basidio- und Ascomyceten (beziehungsweise fungi imperfecti) die Hauptnahrung.

Die Bedeutung von Schimmelpilzen für die Ernährung und Entwicklung vieler Tierarten, namentlich von Bodentieren, aber auch Meerestieren und vielen anderen mehr, ist bisher nur ungenügend beachtet worden. Schimmelpilze stellen nämlich eine meist recht eiweißreiche Nahrungsquelle dar; zusätzlich kann die Bildung weiterer Stoffe (Vitamine) durch die Pilze für die Tiere von Bedeutung sein, vor allem bei solchen mit spezialisierter Ernährungsweise (Holzfresser). So werden auch zahlreiche Versuche unternommen, die Versorgung der Menschheit mit Proteinen und anderen Verbindungen unter anderem mit Hilfe von Schimmelpilzen für die Zukunft sicher zu stellen.

Viele Schimmelarten sind beachtenswerte Krankheitserreger. Entweder stellen sich Krankheitssymptome durch Befall von Organen ein, oder Toxine pilzlicher Herkunft, die vielfach mit der Nahrung aufgenommen werden, lösen oft lethal ausgehende Schädigungen bei Tieren und Menschen aus. Parasitische Schimmelpilze können bei der Regulation von Tierpopulationen eine wichtige Rolle spielen. Es gibt mehrere Beispiele, in denen Massenauftreten von Insektenarten durch entomophage Pilze rasch zum Erliegen gebracht wurden. Hier bestehen Möglichkeiten für eine wirksame biologische Schädlingsbekämpfung (E. Müller-Kögler 1965, B. Schaerffenberg 1966). Mykosen treten im Tierreich weit verbreitet auf. Besonders anfällig gegen Pilzerkrankungen sind Haustiere und in Gefangenschaft gehaltene Wildtiere. Verschiedene Mykosen mit tödlichem Ausgang haben auch beim Menschen in den letzten Jahren zugenommen. (J. W. Landau et al. 1963, R. Ippen und H. Polzin 1964). Die Verunreinigung von Lebensmitteln und Viehfutter durch toxische Stoffwechselprodukte von Schimmelpilzen ist besonders in den Tropen und Subtropen zu einem ernsthaften Problem geworden.

Andere Vertreter unter den Schimmelpilzen können mit Hilfe von Sekreten und/oder speziellen Fangeinrichtungen Nematoden, Amoeben und andere Tiere in dieser Größenordnung fangen und aufzehren. Die Beute wird vermutlich durch ein Toxin abgetötet. Diese „räuberischen" Pilze finden sich weit verbreitet im Boden, mehrere Arten sind auch aus dem Süßwasser bekannt. Intensive Bemühungen werden unternommen, diese Pilze bei der Bekämpfung von phytopathogenen Nematodenarten einzusetzen (E. Reinmuth und A. Dowe 1965).

Daß sich im physiologischen Verhalten der einzelnen Schimmelpilzarten und damit in ihrer Wirkung auf Tiere große Unterschiede ergeben, ist durchaus zu erwarten. Die Skala reicht von fördernd über indifferent bis schädigend. Zugleich kann eine einzelne Pilzart das gleiche Wirkungsspektrum aufweisen, wenn mehrere Stämme dieser Species untersucht werden. Daraus resultiert eine beachtenswerte Mannigfaltigkeit in den Beziehungen zwischen Pilz und Tier.

In der zoologischen Literatur sind die Angaben über Schimmelpilze in Verbindung mit Tieren mit Ausnahme der entomophagen, der nematodenfangenden Pilze und der Symbionten meist sehr allgemein gehalten. Schwierigkeiten bei der Bestimmung und Arbeitstechnik erklären diesen Zustand zu einem großen Teil. Es heißt lediglich, die Tiere fressen Schimmel, andere meiden ihn. Erst in wenigen Fällen sind Tiere auf ihr Verhalten gegenüber mehreren, genau bekannten Schimmelarten geprüft worden: G. Becker und W. Kerner-Gang 1964, Termiten; H. Katznelson und V. E. Henderson 1962, 1964, Nematoden; R. und S. K. Mankau 1963, Nematoden; G. Müller und R. Beyer 1965, verschiedene Bodentiere, hauptsächlich Collembolen; R. Sinha 1966, *Tribolium*.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, einen Beitrag in diesem Sinne zu liefern, also Unterschiede oder Gemeinsamkeiten mehrerer möglichst systematisch verschiedener Tierarten in ihrem Verhalten gegenüber einigen Schimmelpilzen aufzuzeigen. Dabei waren zum einen die Wirkung des Pilzmycels und der Sporen, zum anderen die Wirkung von Stoffen, die der Pilz in die Umgebung abgibt, zu berücksichtigen. Der erste Teil der Aufgabe sollte durch Verfütterung von Pilzmycel und -sporen, der zweite durch Verabreichung von Kulturfiltraten und Extrakten aus diesen und dem Pilzmycel gelöst werden. Die mögliche Bedeutung der Pilze für die Tiere sollte geklärt werden.

2. Übersicht der Berührungsmöglichkeiten zwischen Tieren und Schimmelpilzen

Schimmelpilze werden zwar als allgegenwärtig bezeichnet, dies ist jedoch mehr in dem Sinne zu verstehen, daß nahezu alles tote oder

lebende organische Material von Schimmel befallen werden kann. Die Voraussetzungen, die bei den einzelnen Vertretern der etwa 100 000 Arten umfassenden Gruppe (G. Smith 1960) für erfolgreiches Wachstum und Sporulation erfüllt sein müssen, und die Reaktion auf Änderungen der Umwelteinflüsse sind sehr unterschiedlich. Allgemeingültige Aussagen lassen sich daher nur in begrenztem Umfang machen.

Nach G. Theden und W. Kerner-Gang (1964) werden unter „Schimmelpilzen" im allgemeinen hyphenbildende Pilze verstanden, „die weiße oder farbige Überzüge auf dem Subtrat bilden, auf dem sie wachsen". Diese Bezeichnung umfaßt aber keine taxonomische Einheit: Phycomycetes, Ascomycetes und fungi imperfecti. Vielfach werden die Basidiomycetes ausgeschlossen.

2.1. Pilze auf tierischer Nahrung

Zahlreiche Stoffe, von denen sich Tiere ernähren, liefern auch für Schimmelpilze ein geeignetes Substrat für ihre Entwicklung. Die Mikroorganismen werden entweder passiv mit der Nahrung aufgenommen oder die Nährstoffe werden durch Ansiedlung von Pilzen auf ihnen so verändert, daß die Tiere sie vor pilzfreier Nahrung bevorzugen oder sie ablehnen. Die Bevorzugung kann darauf beruhen, daß der Pilz die Nahrung in ihren mechanischen Eigenschaften (Härte) oder durch chemische Prozesse günstig für das Tier beeinflußt. Stoffwechselprodukte des Pilzes oder chemische Veränderungen am Futter, die das Tier schädigen, führen zu seiner Ablehnung. Schließlich können die Mikroorganismen selbst als einzige, mindest hauptsächliche Nahrungsquelle dienen.

Wie die aufgeführten Möglichkeiten zeigen, können die Pilze die Tiere fördern oder schädigen oder für sie indifferent sein. Es ist mit Unterschieden von Pilzart zu Pilzart zu rechnen. Da weiterhin mehrere Stämme der selben Species voneinander abweichende, wenn nicht gar entgegengesetzte Wirkungen zeigen können, sind sich widersprechende Untersuchungsergebnisse verschiedener Autoren durchaus möglich. Sie geben aber letztlich keinen Gegensatz an, sondern nur die Breite der möglichen Fälle.

Untersuchungen über Besiedlung und Abbau zahlreicher Substrate durch Pilze erbrachten den Nachweis, daß an solchen Vorgängen stets mehrere Arten von Pilzen beteiligt sind, die einander in charakteristischer Weise ablösen. Pilzsukzessionen sind auf lebenden und abgestorbenen Pflanzengeweben, dem Dung von Pflanzenfressern, an keratinhaltigem Material u. a. beobachtet worden. Die Tiere können somit verschiedenartigste Pilze und deren Stoffwechselprodukte — günstige und schädigende — mit der Nahrung aufnehmen. Grünfutterfresser werden häufig andere Pilze vorfinden als solche, die sich von Fallaub ernähren.

Dieses wieder zeigt bei starkem Verrottungsgrad eine andere Pilzflora als zu Beginn dieses Prozesses.

2.1.1. Besiedlung von lebenden und toten Pflanzenteilen durch Pilze

Die Oberfläche lebender Pflanzen weist eine reichhaltige epiphytische Mikroflora auf, die sich aus verschiedenen Saprophyten (Bakterien, Hefen, Schimmelpilze) zusammensetzt (V. Káš 1966, F. T. Last und F. C. Deighton 1966). Die Keimzahlen können unter Umständen sehr hoch liegen, allgemein steigen sie — abgesehen von jahreszeitlichen und anderweitig bedingten Schwankungen — mit zunehmendem Alter der Pflanze an. *Alternaria, Fusarium, Penicillium* und *Aspergillus* sind die wichtigsten Vertreter des Aufwuchses unter den Pilzen.

Die einzelnen Organe der Pflanze werden nicht in gleicher Weise besiedelt, Sproß und Wurzel, Ober- und Unterseite des Blattes zeigen große Unterschiede. Die Blätter von *Halimione portulacoides* werden von drei ökologisch unterscheidbaren Pilzgruppen bewachsen (C. H. Dickinson, 1965): Arten, die nur in Form der Fortpflanzungszellen vorhanden sind, solche, die aktiv auf den Blättern wachsen und sporulieren, und schließlich die Arten, die nur vegetatives Mycel ausbilden. Diese sind jedoch mit dem Älterwerden und Absterben des Blattes die ersten, die Sporen ausbilden. Bei Verletzungen der Pflanzen werden viele Saprophyten zu fakultativen Parasiten. Pflanzengewebe, die mechanisch oder durch Tierfraß beschädigt sind, haben einen reichhaltigeren Mikroben-, besonders Pilzbewuchs als die unverletzten Teile. Für die Pflanzen könnten die Epiphyten durch Fernhalten von phytopathogenen Mikroben (Antagonismus) Bedeutung haben. Bei der Zubereitung verschiedener Nahrungsmittel sind sie für den Menschen oft nützlich oder schädlich (V. Káš, 1966). Unter Weidevieh können schwere Erkrankungen und Verluste durch Toxine von Aufwuchspilzen entstehen (R. D. Bonner und C. I. Fergus, 1959, D. C. Dodd, 1965, P. J. Brook und E. P. White, 1966, M. O. Moss, 1966). Die Pflanzen stellen ferner ein Reservoir für tierparasitische Pilze dar (Keymer und Austwick zit. in C. H. Dickinson, 1965).

Abgestorbenes Pflanzenmaterial erfährt gleichfalls eine reiche Pilzbesiedlung, die in Verbindung mit anderen Mikroorganismen und Tieren zum mehr oder weniger schnellen Abbau des Pflanzengewebes, zur Humifizierung, führt. Die Erstbesiedler, noch Vertreter des Aufwuchses der lebenden Pflanze, werden rasch durch andere Pilze abgelöst, es ergibt sich auch hier eine charakteristische Sukzession. Die Laubzersetzer unter den Bodentieren kommen also mit einer Vielzahl von Pilzen in Berührung.

In einigen Fällen ist die bemerkenswerte Beteiligung von Pilzen am Abbau abgestorbener Pflanzenteile untersucht worden. An der Verrottung von Kiefernnadeln *(Pinus sylvestris)* sind über 70 Pilzarten (W. B. Kendrick und A. Burges, 1962, A. Burges, 1963, W. B. Kendrick, 1963), sogar bis zu 120 Species (A. J. Hayes, 1965) beteiligt. Der Anteil der einzelnen Pilzarten und ihre Zahl ändern sich mit der Jahreszeit, dem fortschreitenden

Abbaugrad der Nadeln, Tiefe der Bodenschicht, in der die Nadeln lagern, und sind abhängig von dem Alter des Waldbestandes und damit von der Bodenstruktur und zahlreichen anderen Faktoren.

Die Blätter von Esche *(Fraxinus)*, Birke *(Betula)*, Hasel *(Corylus)* und Eiche *(Quercus)* besitzen bis zu einem Jahr nach dem Abfall eine spezifische Flora aus Pyrenomyceten (Ascomycetes) und fungi imperfecti, die dann durch eine mehr einheitliche ersetzt wird, in der *Penicillium*- und *Trichoderma*-Arten dominieren (T. F. Hering, 1966). B. M. Hogg und H. J. Hudson, 1966, untersuchten den Pilzabbau von Buchenlaub *(Fagus)* und konnten eine Besiedlungsfolge mehrerer Schimmelarten aufzeigen. entsprechend auch an den Blättern von Pappel *(Populus)*, Ahorn *(Acer)*, Eiche *(Quercus)* und Kastanie *(Castanea)*. Die Hauptmasse der beteiligten Pilze stellten Ascomyceten, fungi imperfecti und Basidiomyceten. An der Aufschließung von *Eucalyptus*-Laub sind mehrere ökologisch abtrennbare Pilzgruppen beteiligt, die einander ablösen (B. J. Macauley und L. B. Thrower, 1966). Die Verrottung von Buchenstreu (R. Caldwell, 1963) und Bucheckern (C. G. Carré, 1964) wird mit entscheidend durch eine reichhaltige Pilzflora bewirkt. Dabei nimmt die Festigkeit der Eckernschale innerhalb von 2 Jahren um 86 % ab, das Material ist in der Folge von Tieren leichter anzugreifen, die dann, wie etwa Milben und Nematoden, auch die Pilze aufnehmen und die Sporen verschleppen (C. G. Carré, 1964).

An Gräsern und Kräutern treten ebenfalls Pilzsukzessionen auf. Von der Entfaltung bis zum Absterben und Verrotten wird das Blatt vom Zuckerrohr *(Saccharum officinarum)* von drei Pilzgesellschaften bewachsen, die in bestimmter Reihenfolge auf den Blättern sporulieren (H. J. Hudson, 1962). *Carex* (G. J. F. Pugh, 1958), *Agropyron* (H. J. Hudson und J. Webster, 1958), *Dactylis* (J. Webster, 1956, 1957, J. Webster und N. J. Dix, 1960), *Halimione* (C. H. Dickinson, 1965, C. H. Dickinson und G. Morgan-Jones, 1966), auch Dicotyledonen, wie *Heracleum* (A. S. Yadav, 1966) zeigten eine reichhaltige in Stufen untergliederte Pilzflora. Im Heu entwickelt sich je nach Art der Lagerung und Feuchtigkeitsgehalt eine Vielfalt von Mikroorganismen, die biochemische Veränderungen am Heu herbeiführen. In der Folge ändert sich die Zusammensetzung der Mikroflora (P. H. Gregory et al. 1963).

Auch die unterirdischen Pflanzenteile werden von Pilzen besiedelt. An der sich entwickelnden Wurzel ändert sich mit fortschreitendem Wachstum die Zusammensetzung des Pilzaufwuchses (A. D. Rovira, 1965, C. H. Dickinson und G. J. F. Pugh, 1965 a, b), entsprechend an dem toten Wurzelgewebe (J. S. Waid, 1957, N. J. Dix, 1964). Werden Pflanzenteile in den Boden eingegraben, lassen sich auf ihnen schon nach kurzer Zeit verschiedene Pilze nachweisen (L. E. Tyner, 1961, O. H. Calderon und E. E. Staffeldt, 1965, W. Merril und W. D. French, 1966).

2.1.2. Wechselbeziehungen zwischen Bodentieren und Pilzen

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Umgebung, in der die Pflanze wächst, die Struktur des Bodens, das jeweils betrachtete Pflanzenorgan, Wettbewerb und Antagonismus der Pilze untereinander und zwischen anderen Mikroorganismen eine spezifische Zusammensetzung der Pilzflora bedingen (C. H. Dickinson und G. Morgan-Jones, 1966, B. J. Macauley und L. B. Thrower, 1966). Von wesentlichem Einfluß auf den Abbau der Pflanzenteile durch Pilze ist außerdem die Tätigkeit der Bodentiere.

Parallel zu dem Bewuchs des organischen Bestandsabfalls mit Mikroorganismen wird das Material von Tieren besiedelt und gefressen. Die beiden Organismengruppen stehen in enger Wechselbeziehung (J. S. Waid 1960, W. Dunger 1963, G. Müller 1965). Ohne die Tätigkeit der Bodentiere dauert der Abbau der Streuauflage wesentlich länger, wenn der Prozeß nicht gar zum Stillstand kommt (A. Burges 1963, Diskussionsbem., C. A. Edwards und G. W. Heath 1963, M. S. Ghilarov 1963). Die Tiere vermischen die Laubstreu mit den obersten Bodenhorizonten, in denen für die Mikroflora besonders in trockener Jahreszeit bessere Wachstumsbedingungen als an der Oberfläche herrschen (J. S. Waid 1960). Durch Befressen der Pflanzenteile wird das oft so harte Pflanzengewebe zerbrochen und weiter durch die Darmpassage zerkleinert und somit für die Mikroben besser aufschließbar (G. Gere 1963) und chemisch verändert, was den weiteren Abbau durch Pilze und Bakterien erleichtert (Nef zit. in C. A. Edwards und G. W. Heath 1963).

Bekanntlich kommt in diesem Zusammenhang den Lumbriciden große Bedeutung zu. In den unteren Lagen des Fallaubs trifft man regelmäßig Würmer an; die oberen Schichten werden aber erst besiedelt, wenn sie von Pilzen und Bakterien weitgehend aufbereitet sind (E. Wilcke, 1953). Rohhumuslagen, die durch starke Pilzentwicklung gekennzeichnet sind, werden jedoch von Regenwürmern gemieden (E. Wilcke, 1953, E. Kevan, 1962). Die Vermischung und Aufschließung organischen Materials während der Darmpassage führt zu einer Förderung der Mikroben (G. Brüsewitz, 1959). Bereits im Verdauungstrakt steigt die Zahl der Bakterien und Aktinomyceten rasch an (J. N. Parle, 1963 a), nach Bildung der Krümel dominieren in diesen Hefen und Schimmelpilze *(Absidia, Fusarium, Gliocladium, Penicillium, Trichoderma)* (J. N. Parle, 1963 b). Die Verbreitung von Pilzsporen in sterilen Böden erfolgt unter Zusatz von Lumbriciden durch deren Wühl- und Fraßtätigkeit viel schneller als ohne diese (Hutschinson und Kamel zit. in J. N. Parle, 1963 a). Die beobachteten Effekte als Folge der Tätigkeit der Regenwürmer — Mikrobenförderung und Bodenverbesserung — sind wohl auf die etwas unterschiedliche Aktivität mehrerer Arten zurückzuführen (B. M. Gerard, 1963). Enchytraeen dagegen tragen nur wenig zur Verbreitung der Mikroflora und Bodendurchmischung bei (G. Zachariae, 1964).

Nicht nur die Anneliden, sondern die Bodentiere überhaupt verbreiten die Mikroorganismen. Vielfach passieren die Pilzsporen ohne Schädigung den Darmkanal, oder sie haften außen an der Körperoberfläche und werden so verschleppt.

Die Tätigkeit der Bodenfauna beschleunigt in mancherlei Hinsicht die Aktivität der Mikroorganismen, so daß der langsame Verlauf des Abbaus der Laubstreu bei Abwesenheit von Tieren verständlich wird.

Die Mikroorganismen — Bakterien, Pilze, Algen — stellen — so kann wohl ohne Zweifel erwartet werden — für phytophage Bodentiere eine mindest ebenso wichtige Nahrungsquelle dar wie abgestorbene Pflanzenteile (Humus). Das Vorhandensein einer spezifischen Mikroflora ist eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung vieler Vertreter der Bodenfauna. Abiotische Faktoren (Temperatur, Feuchtigkeit u. a.) wirken sich auf die Tiere nicht nur

direkt aus, sondern auch indirekt über Beeinflussung der Mikroben (W. Dunger, 1964).

Entweder dienen die Mikroorganismen Tieren unmittelbar als Nahrung oder sie werden mit anderer Nahrung nebenher aufgenommen. Bakterien und Pilze bereiten Nahrungsstoffe, wie Blätter u. a., für die Tiere vor, das Pflanzenmaterial erhält einen gewissen Zustand der Verrottung oder Gare (F. Schaller, 1950, W. Dunger, 1958). Asseln ziehen auch nur kurzfristig durch Bakterien vorzersetztes Laub anderem bakterienfreien vor (A. Biwer, 1961).

Wie bereits dargestellt, besiedeln Pilze in starkem Maße die Streuauflage des Bodens. Die Tiere, gleich ob ausschließlich Pilzfresser oder Formen, die nur gelegentlich Pilze mit der Nahrung aufnehmen, verhalten sich gegenüber den einzelnen Pilzarten unterschiedlich (G. Müller und R. Beyer, 1965), wie ja auch die Vertreter der höheren Pflanzenwelt in sehr verschiedener Weise für die Ernährung von Tieren geeignet sind (G. Müller, 1959). Der Tatsache, daß Pflanzenteile stets von einer Vielzahl von Pilzarten bewachsen werden, dürfte folglich große Bedeutung für die Tiere zukommen. Auf eng begrenztem Raum finden sie ein sehr reichhaltiges Nahrungsangebot, aus dem sie das für sie günstigste bzw. das mit der günstigsten Wirkung auf ihr Nährsubstrat wählen können. Neben Pilzarten, die bevorzugt gefressen werden, gibt es andere, denen die Tiere ausweichen, wie aus einzelnen untersuchten Beispielen bekannt ist. Amoeben nehmen meist Phycomyceten und fungi imperfecti nicht an (O. W. Heal, 1963). Die Milbe *Tarsonemus fusarii* meidet *Mucor*mycel (Schaarschmidt zit. in W. Karg, 1963), sie fand sich in *Fusarium*- und *Penicillium*-Kulturen. Buchenlaubschichten mit reichem Wuchs von *Clitocybe infundibuliformis* (Basidiomycetes) zeigen gegenüber unverpilztem Laub eine Verarmung der Fauna. Am auffälligsten ließ sich diese Erscheinung an Thekamoeben, Rotatorien und Collembolen beobachten. Collembolenarten, wie *Xenylla brevicauda* und *Lepidocyrtus curvicollis*, erreichen dagegen im pilzreichen Laub hohe Individuenzahlen (W. Kühnelt, 1963 a).

Allgemein scheint ein Überhandnehmen von Bodenpilzen (Rohhumuslagen) zu einem Rückgang im Tierbesatz zu führen (F. Schaller, 1962). Besonders auffällig ist das Verhältnis zwischen Oribatiden und Schimmelpilzen. Viele Arten fressen Pilze, gleichzeitig werden durch Verzehr des makrophytischen Bestandabfalls (R. Schuster, 1956) die Pilze in ihrem Wachstum zurückgehalten. In Böden, die den Oribatiden keine günstigen Lebensbedingungen bieten, z. B. Kalksteinbraunlehm, entwickeln sich die Pilze stärker und bewirken ihrerseits einen Rückgang der Milben (G. Riha, 1951). Collembolen treten unter solchen Bedingungen in großer Zahl auf.

Gerade die Oribatidenarten (G. Riha, 1951), aber auch andere Bodentiere werden rein mechanisch durch sich reich entwickelnde Mycelien in ihren Bewegungen behindert, sie verfangen sich in den Hyphen und kleben daran fest. Das macht sich auch in Zuchten von Bodentieren, wenn jene verpilzen, nachteilig bemerkbar (F. Schaller, 1950, W. Karg, 1963).

Abschreckung und Schädigung von Bodentieren durch Pilze kann schließlich auch auf toxische Stoffwechselprodukte, die von den Pilzen ausgeschieden werden, zurückzuführen sein. Wahrscheinlich erklärt sich so die Tatsache, daß der fungivore Nematode *Aphelenchus avenae* durch

saprophytische Pilze in der Entwicklung gehemmt wird; er nährt sich bevorzugt von phytopathogenen Pilzen (R. und S. K. Mankau 1963). Während für Wirbeltiere eine Reihe von toxischen Pilzarten beschrieben ist, wird über entsprechende Erscheinungen aus anderen Tiergruppen in wesentlich geringerem Maße berichtet. Unter den 48 Pilzstämmen, die G. Müller und R. Beyer (1965) mit Bodentieren prüften, fand sich keine toxische Art. Die bisher bekannten Pilztoxine greifen vielfach einschneidend in physiologische Vorgänge im Körper ein, wie etwa das Aflatoxin (M. Legator 1966); so dürfte eine toxische Wirkung derartiger Pilze nicht nur auf die wenigen bisher untersuchten Tiergruppen beschränkt bleiben, zumal die Pilze oft in der Lage sind, mehrere in der Wirkung unterschiedliche Toxine zu synthetisieren.

Eine Hemmung von Bodentieren durch Pilze kann durch Nahrungskonkurrenz, mechanische Einflüsse und Toxine erfolgen. Vielfach werden die einzelnen Wirkungsweisen kaum voneinander zu trennen sein (W. Kühnelt 1963 b).

Entsprechend wie es heute in der Bodenbiologie nicht mehr angängig ist, zum Beispiel „Regenwürmer" und „Nematoden" als Einheit zu Betrachten (W. Kühnelt 1963 b), dürfte es sehr angebracht sein, nicht mehr schlechtweg von „Schimmel" zu sprechen. Dieser Begriff umfaßt einen sehr komplexen Organismenbestand, dessen einzelne Vertreter sehr unterschiedliche Bedeutung für die Tiere haben können. Diese Forderung ist allerdings nicht allein in der Bodenbiologie zu erheben. Überall, wo Wechselbeziehungen zwischen Tieren, Pilzen und anderen Mikroorganismen bestehen, ist mit spezifischen, art- und stammgebundenen Unterschieden zu rechnen.

2.1.3. Wechselbeziehungen zwischen holzbewohnenden Tieren und Pilzen

Neben Basidiomyceten sind Ascomyceten und fungi imperfecti von wesentlicher Bedeutung als Besiedler und Zerstörer des Holzes (W. P. K. Findlay und J. G. Savory 1954, W. Liese 1959, V. Rypáček 1966). Gleichzeitig dient Holz vielen Tieren als Behausung und Nahrung. Beide Organismengruppen bewohnen den gleichen Lebensraum und können demzufolge in vielfältiger Wechselbeziehung zueinander stehen (G. Becker 1966).

Vielen Tieren ist das Leben in dem Substrat Holz, das durch Überschuß an Kohlenhydraten und Mangel an Eiweißstoffen ausgezeichnet ist, erst möglich mit Hilfe einer mehr oder weniger engen Bindung an Mikroorganismen, die fehlenden Stickstoff, Vitamine u. a. liefern. Diese Beziehungen können bis zur Symbiose reichen.

Für die Entwicklung verschiedener holzbrütender Coleopteren ist Pilzbefall des Holzes eine wesentliche Voraussetzung; zumindest wirkt er fördernd. Unter den Anobiiden sind die Larven von *Dendrobium pertinax* und *Tripopithys carpini* unbedingt vom Pilzbefall des Holzes abhängig (G. Becker, 1950, 1951 a), bei *Xestobium rufovillosum* verliert sich die Bindung an die Pilze etwas mit zunehmendem Alter der Larven (J. D. Bletchly, 1966). *Anobium punctatum* kann sich zwar in pilzfreiem Holz entwickeln, besser aber in pilzbewachsenem (G. Becker, 1942 c, J. D. Bletchly, 1959, 1966). Die Larven des Cerambyciden *Ergates faber* werden mit zunehmendem Alter stärker durch Pilze gefördert (G. Becker, 1942 b, 1943), *Hylotrupes bajulus* entwickelt sich gut in pilzfreiem Holz, Gegenwart von Bläuepilzen kann die Tiere fördern (P. Steiner, 1939) oder die Entwicklung verzögern (M. G. White, 1962).

Termiten können zwar pilzfreies Holz fressen, doch bevorzugen sie solches mit Pilzbefall (G. Becker, 1948, 1965). Die Gegenwart von Pilzen begünstigt Wachstum und Entwicklung (E. C. Hendee, 1934, G. Becker ab 1942, A. Lund, 1959, 1960). Der Abbaugrad des Holzes durch Basidiomyceten ist auf Auswahl durch die Tiere und den Nährwert für sie von Einfluß. Am günstigten erwies sich nach Untersuchungen von G. Becker, 1965, ein Gewichtsverlust von 5—10 % des Holzes. Während der Besiedlung des Holzes durch Pilze entsteht eine Reihe von Verbindungen, offensichtlich sehr unterschiedlicher chemischer Natur, die auf die Termiten anlockend wirken (G. R. Esenther et al. 1961, T. Watanabe und J. E. Casida, 1963, T. C. Allen et al. 1964, G. Becker, 1964, R. V. Smythe et al. 1965). Bisher wurde dieser Effekt hauptsächlich mit dem Basidiomyceten *Lenzites trabea* erzielt, Extrakte aus einigen anderen und fungi imperfecti waren für die Tiere nicht attraktiv (G. R. Esenther et al. 1961). Verschiedene Schimmelpilze können aber auch je nach Art und Stamm für Termiten fördernd sein, andere erweisen sich als toxisch (A. E. Lund, 1962, 1963, 1966, G. Becker und W. Kerner-Gang, 1964).

Wesentlich enger gestalten sich die Beziehungen zwischen holzbewohnenden Tieren und Mikroorganismen bei den Formen, welche die für sie günstigen Pilze auf das Substrat überimpfen, kultivieren und sich m. o. w. von diesen ernähren. Man spricht in diesem Fall von Ectosymbiose. Pilzzucht findet sich an verschiedenen Stellen im Insektenreich, bei Isopteren, Coleopteren und Hymenopteren.

Alle holzbrütenden Ipiden (Xyloterinen, Xyleborinen) und einige weitere Vertreter dieser Gruppe, Platypodiden und *Hylecoetus* (Lymexylonidae) und die Holzwespen (Siricidae) kultivieren in ihren Bohrgängen Pilze, die meist artspezifisch sind. Die Pilze werden unter der Bezeichnung „Ambrosiapilze" zusammengefaßt (Asco-, Basidiomyceten, fungi imperfecti). Sie zeigen in Folge des ständigen Tierfraßes meist eine typische Wuchsform, die allerdings den bei den Siriciden auftretenden Pilzen fehlt. Die Tiere „impfen" ihre Bohrgänge mit Mycelteilen, die sie in besonderen Pilzdepots aufbewahren. Bei *Hylecoetus* und Siriciden sind in Verbindung mit dem Legeapparat Taschen ausgebildet; ähnliche Einrichtungen sind bei den Ipiden vorwiegend am 1. Tergit des Mesothorax lokalisiert (H. Francke-Grossmann, 1956, 1966). Die Larven und Imagines der Ambrosiakäfer weiden nur den Pilzrasen der Gangwände ab, die Siricidenlarven nehmen auch Holz mit auf, ihre Pilze dringen tiefer in die Holzschichten ein (P. Buchner, 1953).

Im Gegensatz zu anderen Holzpilzen können die Ambrosiapilze die Körpersekrete der Tiere (Fette, Proteine) als Nahrungsquelle nutzen und sind an-

deren Schimmelarten gegenüber antibiotisch sehr aktiv. Die Pilzkulturen in den Bohrgängen verunreinigen erst, wenn die Insekten diese verlassen (O. Vaartaja und J. King, 1964), wenn auch in mehreren Fällen regelmäßig außer der Hauptform akzessorische Pilze nachgewiesen werden konnten (A. K. M. Kabir und R. L. Giese, 1966, D. M. Norris, 1966).

Die Blattschneiderameisen (W. Goetsch und R. Stoppel, 1940, W. Goetsch und R. Grüger, 1942, N. A. Weber, 1966) und die Macrotermitinen (W. Goetsch und R. Grüger, 1942, B. K. Bakshi, 1951) legen in ihren Bauten aus einem Gemisch bestimmter Ascomyceten, fungi imperfecti und Basidiomyceten auf zerkautem Pflanzenmaterial „Pilzgärten" an. Außer als Nahrungslieferanten erfüllen die Pilzgärten bei den Termiten noch weitere Funktionen: sie geben Wasser und Wärme (M. Lüscher, 1951, P. P. Grassé und C. Noirot, 1957, 1958).

Weitere Beispiele für holzbewohnende Insekten, die Beziehungen zu Pilzen aufweisen, führt K. Graham, 1967, an.

Nicht unerwähnt soll die reiche Fauna bleiben, die große an Holz wachsende Polyporaceen, wie *Fomes, Polyporus* u. a. (Basidiomycetes) aber auch viele andere Hutpilze, besiedelt (O. Scheerpeltz und K. Höfler, 1964, L. Bennick, 1952, I. Eisfelder, 1956, 1957, R. C. Graves, 1960, R. C. und A. C. F. Graves, 1966, D. P. Pielou, 1966 a, b). Vermutlich treten die Tiere sukzessive auf (D. P. Pielou, 1966 a). Hauptsächlich sind Coleopteren, Dipteren, Lepidopteren, Hymenopteren, Collembolen und Milben anzutreffen, vereinzelt auch Nematoden und Schnecken.

Bei holzbewohnenden Meerestieren, den Terediniden und einigen Crustaceen, lassen sich Beziehungen zu Pilzen ebenfalls beobachten. Auf von Ascomyceten und fungi imperfecti bewachsenem Holz setzen sich die Larven von *Teredo pedicellata* vorzugsweise fest (W. D. Kampf et al. 1959). Für die Entwicklung bevorzugen sie zumindest in Laborzuchten mit Planktonmangel die Spätholzschichten mit guter Mycelbildung (G. Becker, 1958). Ähnlich wird *Limnoria* (J. Kohlmeyer et al. 1959), desgleichen *Chelura terebrans* (H. Kühne und G. Becker, 1964) durch Pilzwuchs in Holz gefördert.

2.1.4. Pilzsukzessionen auf Dung von Pflanzenfressern

Am längsten sind Pilzsukzessionen auf Dung von Herbivoren bekannt, sie lassen sich auf diesem Substrat mit am auffälligsten verfolgen (C. T. Ingold, 1953). Wird etwa Kaninchendung in eine feuchte Kammer gebracht, entwickeln sich zunächst Phycomyceten, wie *Mucor, Pilaira* und *Philobolus*, dann Ascomyceten *Rhyparobius, Ascobolus, Sordaria* und fungi imperfecti, zum Schluß treten Basidiomyceten auf, speziell *Coprinus*-Arten (C. T. Ingold, 1953, J. E. Harper und J. Webster, 1964). Unter Freilandbedingungen verlaufen diese Vorgänge in Abhängigkeit von Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsänderungen oft langsamer. Die meisten Dungpilze entwickeln sich aus Sporen, die den Darm der Tiere passiert haben. Die Pflanzenfresser spielen also eine wichtige Rolle in der Verbreitung dieser Pilzarten.

Der Zeitpunkt des Erscheinens der einzelnen Pilzspecies ist zunächst durch die Zeit bestimmt, die jeweils für die Sporulation erforderlich ist. Das anschließende Verschwinden und Dominieren anderer Arten kann auf die Ausscheidung antagonistisch wirkender Stoffe durch die Pilze erklärt werden. So hemmt *Coprinus heptemerus* die Sporenreife von *Pilaira anomala, Pilobolus*

crystallinus und *Ascobolus viridulus*. Andere die Sporulation der genannten Pilze begrenzende Faktoren, wie Nahrungsmangel oder von Bakterien gebildete Antibiotika, ließen sich nicht nachweisen (J. E. Harper und J. Webster, 1964).

Vom Kot der großen Pflanzenfresser ernährt sich auch eine Reihe von Tieren — sie machen zumindest darin ihre Entwicklung durch — hauptsächlich Mistkäfer (Coprophaginae), verschiedene Dipteren (Scatopsidae, Lycoriidae) und Nematoden. In den Dungpilzen dürfte sich den Tieren eine wertvolle zusätzliche Nahrungsquelle erschließen, der wohl größere Bedeutung zukommt als bisher vermutet. Die Dungkäfer (Aphodiini) fressen im Kot hauptsächlich die eiweißhaltigen Anteile, die Larven auch Bakterien (B. O. Landin, 1961) und sicher auch andere Mikroorganismen, wie etwa Schimmelpilze. Gerade Pilzmycel zeichnet sich durch einen hohen Proteingehalt aus (W. G. Gray und M. O. Abouel-Seoud, 1966, V. G. Lilly und H. L. Barnett, 1959). Manche *Geotrupes*-Arten tragen als Larvenfutter nicht Kot, sondern Fallaub von Eichen, Nadelstreu, Rindenteile und anderes in die Bauten ein. Es ist zu vermuten, daß sich die Larven weniger von diesen schwer aufschließbaren Stoffen als vielmehr von sich unter den Bedingungen im Erdbau gut entwickelnden Pilzen ernähren (W. Dunger, 1964). Eine klare Abgrenzung zwischen Kot-, Humus- oder Pilzernährung ist wohl kaum möglich. Zum Beispiel kommen die Larven der Dipteren *Penthetria holosericea* und *Sargus cuprarius* sowohl in Rindermist wie in der Laubstreu vor (W. Kühnelt, 1950). Die Larven der Trauermücken (Lycoriidae) entwickeln sich in Pferdemist am besten, bezeichnenderweise finden sie sich aber auch in Champignons (W. Dunger, 1964).

Durch Stallmistdüngung, meist in Kombination mit Kunstdünger, werden viele Bodentiere stark gefördert: Nematoden, Collembolen, Dipterenlarven, Milben, Diplopoden, Lumbriciden u. a. (H. Franz, 1953, G. Herbke et al. 1962). Die deutliche Zunahme der Individuenzahlen geht auf hohe Vermehrung einzelner Arten zurück, auf andere wirkt sich die Düngung ungünstig aus. Die Zuführung von kombiniertem Natur-/Kunstdünger, von Klärschlamm oder Kompost zum Boden führt zu mannigfachen quantitativen und qualitativen Veränderungen im Mikrobenbesatz, die sich in der mengen- und artenmäßigen Zusammensetzung der Fauna wiederspiegeln (G. Gisin, 1952, G. Ronde, 1957, G. Höller, 1959, G. Höller-Land, 1959, E. Mrohs, 1958, E. v. Törne, 1963), dabei ist jedoch bisher die Bedeutung der Mikroorganismen immer noch nur ungenügend beachtet worden.

2.1.5. Pilze auf keratinhaltigem Material

Stoffe, die Keratin enthalten, werden gleichfalls von einer reichen Pilzflora besiedelt. Mit fortschreitendem Abbau des Substrates geht eine Änderung im Artenspektrum einher. Sterile Haare in Verbindung mit dem Boden gebracht, werden zuerst von schnell sporulierenden, saprophytischen Bodenpilzen bewachsen, wie *Fusarium, Penicillium,* Mucorales, *Chaetomium, Gliocladium* und anderen; diesen Arten folgen langsamer wachsende keratinabbauende Pilze, wie *Keratinomyces, Microsporum* (D. M. Griffin, 1960, M. P. English, 1965). Die Gewölle von Eulen und Greifvögeln, die die unverdaulichen Reste der Beutetiere enthalten, Knochen, vor allem Haare und Federn, besitzen eine spezielle Fauna mit Vertretern unter den Dipteren, ferner *Anthrenus, Dermestes, Tinea pellionella* sowie weiteren Formen. Im Freien findet man oft stark verpilzte Gewölle. An solchen von Turmfalken

(Falco tinnunculus) wies R. Watling (1957) 52 Schimmelpilze nach, die wahrscheinlich in einer 5stufigen Reihenfolge an dem Material auftreten.

In diesem Substrat können von den Tieren auch Pilze als zusätzliche Nahrung aufgenommen werden, oder die Besiedlung und Entwicklung der Tiere wird durch zu starken Pilzbewuchs, Nahrungskonkurrenz, schädliche Stoffwechselprodukte erschwert, wenn nicht gar verhindert.

2.1.6. Bedeutung von Pilzen für die Ernährung von Menschen und Haustieren

Für die Nahrungs- und Tierfutterzubereitung, die Gewinnung verschiedener Stoffe, z. B. Antibiotika, Vitamine, werden Schimmelpilze genutzt (V. G. Lilly und H. L. Barnett 1959, G. Smith 1960). Mit Hilfe von Pilzen kann der im allgemeinen vorhandene Kohlenhydratüberschuß an Lebensmitteln in einem günstigen Verhältnis in Protein umgewandelt werden (W. G. Gray 1966).

Bei gegebener Kohlenhydratmenge beträgt die Proteinausbeute 65 %, wenn die Eiweißsynthese mit Pilzen erfolgt. Vergleichsweise beträgt sie 20 % für Schweine, 15 % für Milch, 5 % für Geflügel, 4 % für Fleisch (Robinson und Davidson zit. in W. G. Gray und M. O. Abou-el-Seoud, 1966). Auf Flächeneinheit Land bezogen, liegt der Wert für Pilzprotein zum Eiweißgehalt grüner Pflanzen mehrfach, zu dem für Tierprotein vielfach höher. Auf einem Morgen Land können 261 Pfund Getreideeiweiß gewonnen werden. Mit dieser Menge könnten fungi imperfecti 540 Pfund Protein herstellen, mit Tieren könnte nur ein Gewinn von 72 Pfund Eiweiß erzielt werden (W. G. Gray und M. O. Abou-el-Seoud, 1966). Versuche, den Eiweißwert von Roggenkleie durch Pilzbewuchs (25 Arten) für die Ernährung von Ratten günstig zu verändern, führten gleichfalls zu einer Erhöhung des Rohproteingehaltes; bei fast allen verwendeten Pilzarten konnte jedoch der Gehalt an verwertbarem Protein nicht erhöht werden (M. Mates, 1964). S. G. Pathak und R. Seshardi (1965) verfütterten an Mäuse Mycelkuchen von *Penicillium chrysogenium*. Die Nager zeigten eine entsprechende Gewichtszunahme wie die Tiere einer Kontrollreihe, denen Sojabohnenmehl als Proteinquelle zur Verfügung stand.

Die Auswahl entsprechender Stämme mit hoher spezifischer physiologischer Leistung und die Versuchsbedingungen haben auf die Ergebnisse selbstverständlich großen Einfluß; alle zitierten Befunde veranschaulichen aber zumindest, daß Pilze eine proteinreiche Futterquelle darstellen können, der für Tiere, hauptsächlich solchen mit einseitiger Ernährung (Holz-, Keratinfresser und andere) eine wichtige, wohl meist unterschätzte Bedeutung zukommt.

Diese beschränkt sich natürlich nicht auf den relativ hohen Eiweißgehalt; auch für die Gewinnung von Fetten (K. Naguib, 1962) und anderen Stoffen sind Pilze zu gebrauchen. Mit den Pilzen eröffnet sich auch ein Weg, die Versorgung der Menschheit mit Grundnahrungsmitteln entweder direkt oder indirekt über Tierfütterung sicher zu stellen.

Die Pilze haben neben diesen günstigen aber auch oft schädigende biologische Eigenschaften. Die verschiedensten Nahrungsgüter und Futtermittel werden zu unterschiedlichstem Zeitpunkt, vor allem während der Lagerung

und des Transportes, von Schimmel befallen. In der Folge tritt eine ganze Reihe unerwünschter Erscheinungen auf (E. S. Hiscocks, 1965):

— Verschlechterung der Qualität (Verfärbungen u. a.)
— Beeinträchtigung bzw. Zerstörung des Nährwertes
— Zerstörung des Keimes bei Getreide und anderen Samen (M. N. Follstad und C. M. Christensen, 1962)
— Eindringen anderer Mikroorganismen und tierischer Schädlinge wird erleichtert und gefördert (C. M. Christensen, 1957, S. K. Majumder et al. 1965)
— Bildung von Toxinen ist zu beobachten, die mindest zu gesundheitlichen Schäden beim Konsumenten, oft sogar zum Tod führen.

Giftige Stoffwechselprodukte der Pilze werden entweder direkt mit der Nahrung aufgenommen oder diese Metaboliten schädigen den tierischen Organismus indirekt über Veränderungen am Futter. Diese Erkrankungen werden als Mykotoxikosen im Gegensatz zu den Mykosen bezeichnet. Bei letzteren befällt ein aktiv wachsender Pilz lebendes Gewebe (J. Feuell 1966), dort kann er dann allerdings auch Toxine bilden.

In der Tierzucht sind immer wieder schwere Verluste unter dem Viehbestand zu beklagen, die auf eine oft nur vorübergehende Verpilzung der Futtermittel zurückzuführen sind. Erst in neuerer Zeit konnten für manche noch ungeklärte Krankheitsbilder Mykotoxikosen verantwortlich gemacht werden.

Heu, Grünfutter und solches in anderer Form kann als Substrat für viele Mikroorganismen, speziell Schimmelpilze, dienen, von denen viele Erkrankungen des Weideviehs hervorrufen (R. D. Bonner und C. I. Fergus, 1959). Je nach Lagerung und Feuchtigkeitsgehalt des Heues entwickelt sich eine spezielle Mikroflora (P. H. Gregory et al. 1963). Die Bedingungen für das Wachstum potentieller Krankheitserreger von Mensch und Tier, z. B. *Mucor pusillus, Aspergillus fumigatus,* sind günstig. Diese und weitere pathogene Arten wiesen J. und M. E. Lacey (1964) auf englischen Bauernhöfen während der Verfütterung von Heu an das Vieh in den Stallgebäuden in sehr hoher Sporenkonzentration nach, darunter auch *Micromonospora vulgaris* und *Thermopolyspora,* die Lungenerkrankungen unter den Landwirten hervorrufen. Aus Proben von Rinderfutter ließen sich 64 Schimmelarten isolieren, darunter 25 Species, die als Krankheitserreger in Frage kommen (R. D. Bonner und C. I. Fergus, 1959).

Für Weidevieh sind verschiedene Gefahren durch Mikroorganismen gegeben. Die Pflanzenblätter sind ein natürliches Reservoir für parasitische Pilze (Keymer und Austwick zit. in C. H. Dickinson, 1965). Ein toxinbildender Pilz, *Pithomyces chartarum,* der mit schon abgestorbenen Gräsern aufgenommen wird, löst unter den Schafherden Neuseelands und Australiens schwere Schädigungen aus. Das wirkungsvolle Gift trägt die Bezeichnung Sporidesmin (J. Done et al. 1961, R. C. Dawson, 1965, D. C. Dodd, 1965, P. J. Brook und E. P. White, 1966). Frostgeschädigtes und in der Folge stark verpilztes Heu aus Bermudagras erwies sich für Vieh als giftig (M. O. Moss, 1966). *Stachybotrys atra* und *Dendrochium toxicum* sind zwei weitere Beispiele für Pilze, die gleichfalls auf toten Pflanzenteilen (feuchtem Stroh)

wachsen und durch deren Auftreten Hausvieh Verluste erleiden kann (P. J. Brook und J. P. White, 1966, J. Forgacs, 1965). Die von P. J. Brook und J. P. White zusammengestellte Liste der Pilze, die sicher oder möglicherweise für Toxikosen unter den Großtieren verantwortlich sind, umfaßt allein 96 Arten.

Die Keimzahl von Getreide nach Ernte und Dreschen liegt sehr hoch (G. Spicher, 1962 a, b), entsprechend entwickelt sich auf lagerndem Getreide in Abhängigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt eine reiche Mikroflora (M. N. Follstad und C. M. Christensen, 1962, H. R. Burmeister et al. 1966). Die Schimmelpilze machen einen beträchtlichen Anteil innerhalb dieser Mikroflora aus. Ökologisch sind mindestens zwei Pilzgruppen zu unterscheiden: Formen, die auf keimender oder am Halm stehender Saat wachsen (Feldpilze: *Alternaria, Fusarium, Helmithosporium, Cladosporium).* Sie sind auf hohe Luftfeuchtigkeit angewiesen. Daneben gibt es Arten, die das Korn während der Lagerung, meist bei einem Feuchtigkeitsgehalt unter 15 %, infizieren (besonders *Aspergillus* und *Penicillium).* Vertreter dieser Gruppe wachsen bevorzugt auf dem Keimling (C. M. Christensen, 1957). Auf Getreide, das über längere Zeit ohne besondere Vorkehrungen liegt, wie etwa in Futterkisten, stellen sich noch weitere Arten ein (C. M. Christensen, 1965). Auf lagerndem Reis (R. Kinosita und T. Shikata, 1965, H. A. Fanse und C. M. Christensen, 1966) und Erdnüssen (U. L. Diener, 1960) findet sich ebenfalls ein formenreicher Pilzbestand.

Unter 228 von Getreide und Gemüse isolierten Pilzstämmen in 59 Arten waren allein 46 Stämme (22 Species) für Entenküken toxisch. Sie führten bei Verfütterung innerhalb von 14 Tagen zum Tod der Vögel. Die entsprechende Wirkung auf Mäuse und Ratten erzielten weniger Pilze (B. Scott, 1965).

2.2. Schädigung von Tieren durch toxinbildende Pilze

Das zuletzt angeführte Beispiel zeigt, wie weit verbreitet toxinbildende Pilze auftreten können. Die Erforschung der Mykotoxikosen, ihrer Ursachen, Symptome und Verhütung, hat erst in den letzten zehn Jahren einen großen Aufschwung erfahren, hauptsächlich durch Vorkommnisse in den Jahren 1960/61. In verschiedenen Ländern (zuerst in England) waren plötzlich große Verluste unter Haustieren (Truthühner, Enten, Hühnerküken, Schweine, Kälber) zu verzeichnen. Genaue Untersuchungen ergaben, daß einige Sendungen Erdnußmehl, das als Zusatzfutter genommen wird, einen toxischen Anteil enthielten. Dieser stellte sich als ein Stoffwechselprodukt des Pilzes *Aspergillus flavus* Link heraus, das sogenannte Aflatoxin (K. Sargeant et al. 1961, 1963).

Aflatoxin liegt meist in einem Gemisch von 4 Komponenten vor (B_1, B_2, G_1, G_2) (B. F. Nesbitt et al. 1962, A. S. M. van der Zijden et al. 1962), wobei B_1 und G_1 in der Natur in wesentlich größeren Mengen gefunden werden als die beiden anderen Verbindungen. Inzwischen konnten noch weitere Aflatoxin-Verbindungen isoliert werden (M. F. Dutton und J. G. Heathcote, 1966, C. W. Holzapfel et al. 1966). Ihrer Struktur nach sind sie als

Cumarin-Derivate gekennzeichnet. Sie gehören damit zu einer in der Natur weit verbreiteten Stoffklasse mit vielfacher pharmakologischer Wirkung (G. N. Wogan, 1966).

Die Aflatoxine greifen hauptsächlich die Leber an und können bei Aufnahme oder Verabreichung in sublethalen Dosen über eine gewisse Zeit hin krebsartige Erscheinungen hervorrufen (J. M. Barnes und W. H. Butler, 1964, P. M. Newberne, 1965). In einigen Gegenden Afrikas scheint *A. flavus* neben anderen Faktoren mit für das verstärkte Auftreten von Leberkrebs verantwortlich zu sein (H. Foy et al. 1966, A. Lysø, 1966). Aflatoxin kann vielleicht auch Krebserkrankungen anderer Organe beim Menschen mit auslösen (W. H. Butler und J. M. Barnes, 1966). Für das verbreitete Vorkommen von Lebercarcinomen in Völkern, die sich viel von Reis ernähren, sind Schimmelpilze wesentliche Ursache (T. Tatsuno, 1963).

In der Zelle legt sich Aflatoxin an die DNS, unterdrückt die Proteinsynthese (J. I. Clifford und K. R. Rees 1966, 1967), Zellwachstum und Mitoserate, in Gewebekulturen werden Riesenzellen in unnatürlich hohem Maße gebildet. Das Toxin zeigt in seiner biologischen Wirkung entsprechend wie alkylierende Reagentien mutagene und carcinogene Eigenschaften (M. Legator 1966). Schäden — natürlich aufgetreten oder experimentell ausgelöst — sind bisher an größeren und kleinen Säugern (Rinder, Schweine, Hunde, Nager), Geflügel und Forellen (J. E. Halver 1965) beobachtet worden. *A. flavus*, der auf Erdnußkeimlingen wächst, verursacht Kümmerwuchs (M. El-Khadem et al. 1966) und auch albinotische Erscheinungen an Pflanzen (R. Schoental und A. F. White 1965). Unter 329 Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Algen, 1 Protozoe) reagierten hauptsächlich gram-positive, sporenbildende Bakterien empfindlich bei den verwendeten Konzentrationen auf das Aflatoxin (H. R. Burmeister und C. W. Hesseltine 1966).

Die Fähigkeit, Toxine zu bilden, kommt nicht allen Stämmen von *A. flavus* zu (R. A. Taber und H. W. Schroeder 1967, P. C. Spensley 1963, D. McDonald und C. Horkness 1964). F. W. Parrish et al. (1966) berichten, daß von 93 Stämmen nur 26 dazu in der Lage waren, von 45 Isolaten im Tropical Products Institute (London) 75 % (W. D. Raymond 1966). U. L. Diener und N. D. Davis (1966) ermittelten einen entsprechenden Prozentsatz (80 % von 37 Stämmen), die entstehenden Konzentrationen sind jedoch z. T. nur sehr gering. A. Z. Joffe und S. Y. Borut (1966) konnten an israelischen Erdnüssen zwar *A. flavus* nachweisen aber kein Aflatoxin. P. K. C. Austwick und G. Ayerst (1963) fanden in 3 % der befallenen Nüsse das Toxin, ein Prozentsatz, der bereits ausreicht, ganze Sendungen zu verseuchen. Die Toxinbildung hängt von der Temperatur und den Feuchtigkeitsbedingungen (befallen werden nur Nüsse mit beschädigter Schale) und dem Substrat ab (U. L. Diener und N. D. Davis 1966, C. W. Hesseltine et al. 1966). Das Gift unterliegt auch mikrobiellem

Abbau (L. J. Ashworth et al. 1965). Mit Hilfe eines Flavobacteriums gelang sogar die völlige Entgiftung aflatoxinhaltiger Proben (A. Ciegler et al. 1966).

Außer in Erdnüssen und Erdnußprodukten ist Aflatoxin in Gerste, Weizen, Mais, Kakaobohnen, Baumwollsamen u. a., meist jedoch in geringen Mengen, nachgewiesen worden. Da sich der weltweit verbreitete Pilz *A. flavus* auf den verschiedensten Nahrungsgütern und Futtermitteln leicht kultivieren läßt, ist an vielen Stellen mit Toxinschäden zu rechnen (C. W. Hesseltine et al. 1966, W. D. Raymond, 1966). Zusätzlich sind weitere Pilze bekannt geworden, die die gleiche Verbindung synthetisieren: *Aspergillus parasiticus* und *Penicillium puberulum* (F. A. Hodges et al. 1964, F. W. Parrish et al. 1966), aber auch andere Vertreter dieser beiden Gattungen (M. M. Kulik und C. E. Holaday, 1966). Andererseits kann *A. flavus* außer Aflatoxinen weitere Toxine bilden (E. B. Tilden et al. 1961, 1963, L. K. Wynston und E. B. Tilden, 1963, I. Y. Lee, 1965, B. J. Wilson, 1966).

In Erkenntnis der Bedeutung des Aflatoxin-Problems für Mensch und Tier sind mehrere chemische und biologische Nachweisverfahren entwickelt worden, um den Verbrauch vergifteter Lebensmittel und Tierfutters weitgehend zu verhindern, und Maßnahmen erarbeitet worden, einen Befall von Nahrungsgütern durch Pilze überhaupt zu verhindern (P. C. Spensley, 1963, H. de Jongh et al. 1965, W. V. Lee, 1965, S. K. Majumder et al. 1965, L. Stoloff und W. Trager, 1965, B. D. Banes, 1966, A. D. Campbell und J. T. Funkhouser, 1966, A. J. Feuell, 1966, W. A. Pons et al. 1966, W. D. Raymond, 1966).

Die von *A. flavus* verursachten Mykotoxikosen sind ein wenn auch besonders auffälliges Beispiel für derartige Krankheiten. Über Freilandbeobachtungen von Mykotoxikosen mit Schäden für Mensch und Tier berichten u. a. E. Burnside et al. (1957), G. C. Ainsworth und P. K. C. Austwick (1959), A. Z. Joffe (1962, 1965), J. Jacquet et al. (1963), R. Kinosita und T. Shikata (1965) und M. Miyake und M. Saito (1965). Die beteiligten Pilze sind u. a. *Fusarium, Rhizopus, Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, Alternaria* und *Mucor*. Experimentell sind derartige Erscheinungen durch Verfütterung von Mycel oder Verabreichung von Extrakten meist nachvollzogen und weitere Pilze ermittelt worden, die auch zu Erkrankungen führen. Von *Aspergillus ochraceus* konnte ein in seiner Giftigkeit dem Aflatoxin gleichzusetzender Stoff, das Ochratoxin A, gewonnen werden (K. I. Merwe et al. 1965). Unter 53 von Getreide isolierten Stämmen von *Chaetomium globosum* wirkten allein 25 an Ratten verfüttert innerhalb von 4—6 Tagen lethal (C. M. Christensen et al. 1966). Die Symptome bei Mykotoxikosen sind äußerst mannigfaltig, sie reichen über Schädigung des Nervensystems bis hin zu pathologischen Veränderungen an den verschiedenen Organen und Verhaltensstörungen. So führten z. B. 12 *Fusarium*-Stämme bei virginen Ratten zu einer 5- bis 8fachen Vergrößerung des Uterus (C. M. Christensen et al. 1965).

Toxische Pilze — *Alternaria* und *Aspergillus niger* — konnten auch aus Zigaretten- Pfeifentabaken isoliert werden. Aerosole aus Heu, auf dem die Pilze kultiviert wurden, riefen bei Mäusen Lungenschädigungen hervor. Von der Seite her eröffnet sich vielleicht auch ein Weg, das Problem des Raucherkrebses anzugehen (J. Forgacs und W. T. Carll, 1966).

Diese wenigen Beispiele zeigen bereits, wie weit verbreitet Pilze mit Toxinwirkung an den verschiedensten Stellen auftreten können. Eine Aufstellung

von P. J. Brook und E. P. White (1966) über die Pilze, die sicher oder möglicherweise für Toxikosen unter Säugetieren verantwortlich sind, umfaßt allein 96 Arten. Jedoch ist immer nur ein gewisser Prozentsatz der Stämme in der Lage, Gifte zu produzieren. Umweltbedingungen und Substrat sind von großem Einfluß auf die Toxinsynthese. In gewissen Bereichen, zumindest dem der Ernährung von Mensch und Haustier, sind Schimmelinfektionen mehr als bisher zu beachten und ernst zu nehmen.

Auf Grund der bisherigen Untersuchungen ist die biologische Bedeutung dieser toxischen Stoffwechselprodukte meist nur ungenügend erfaßt. In den zitierten Arbeiten dienen fast ausschließlich Wirbeltiere als Versuchsobjekte. Für einige insektenpathogene Pilze, unter anderem auch *Aspergillus flavus*, konnte die Bildung von Toxinen nachgewiesen werden, die am Krankheitsverlauf und dem Tod des Wirtsinsektes mitbeteiligt sind (E. Müller-Kögler 1965), zum Teil auch Stoffe, die gleichzeitig für Mäuse schädigend waren (Kodeira zit. in E. Müller-Kögler 1965). Von nicht pathogenen Arten, wie *Myrothecium roridum* (A. N. Kishaba et al. 1962) und *Trichoderma viride* (P. N. Agarwal und C. F. Paul 1963) sind ebenfalls Verbindungen mit insektizider Wirkung gewonnen worden. 4 Termitenarten wurden von mehreren, offensichtlich toxischen Schimmelpilzen geschädigt (G. Bekker und W. Kerner-Gang 1964), ebenso *Tribolium castaneum* und *T. confusum* (R. N. Sinha 1966). Ähnliche Erscheinungen sind an Nematoden beobachtet worden (H. Katznelson und V. E. Henderson 1962, 1964, R. und S. K. Mankau 1963). Gegenüber dem Ciliaten *Paramaecium caudatum* erwiesen sich gut 60 % der Mycelextrakte aus *Penicillium, Aspergillus, Fusarium* und anderen fungi imperfecti als cytotoxisch (S. E. Bekker et. al. 1961).

Einer großen Zahl von Antibiotika kommt auch eine toxische, mindest entwicklungshemmende Wirkung gegenüber Tieren zu, wie es Versuche an Milben, verschiedenen Insekten und anderen Tiergruppen ergaben (S. D. Beck 1950, E. A. Steinhaus und C. R. Bell 1953, J. N. Liles und F. W. Fisk 1955, F. H. Harries 1961, 1963, F. H. Harries und V. J. Mattson 1963, P. J. Brook und E. P. White 1966, E. T. Glaz et al. 1966, P. M. Robinson und D. Park 1966, B. J. Wilson 1966, S. Jayaraj et al. 1967). Von *Myrothecium roridum* sind bisher 14 Antibiotika isoliert worden, die meisten wirken antifungisch und vor allem cytostatisch, sind zugleich aber sehr toxisch (C. Tamm 1966). Umgekehrt zeigen als Toxine beschriebene Stoffe, wie das Aflatoxin und andere, auch antibiotische Eigenschaften (S. E. Becker et al. 1961, H. H. Burmeister und C. W. Hesseltine 1966). Kadaver pilzvergifteter Tiere verwesen langsamer als die solcher, die an anderen Ursachen eingegangen sind (J. Forgacs 1965).

Die von H. Zähner (1965) erweiterte Definition der Antibiotika, wonach darunter Stoffe biologischen Ursprungs zu verstehen sind, die ohne Enzymcharakter zu besitzen in geringen Konzentrationen Wachstumsvorgänge hemmen, wäre im Rahmen einer allgemein biologischen Betrachtungsweise noch in der Hinsicht zu ergänzen, daß auch die toxischen Effekte an tierischen Organismen mit einbezogen werden. Nach D. Broadbent (1966) liegt in Bezug auf antibiotische Aktivität bei Pilzen von zwei Gruppen, den Moniliales (fungi imperfecti) und den Agaricales (Basidiomycetes), weit mehr Material als von anderen systematischen Einheiten vor.

In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, daß von 96 für Säugetiere toxischen Pilzen (P. J. Brook und E. P. White 1966) allein 76 den Moniliales angehören (System nach G. C. Ainsworth 1961).

2.3. Schädigung von Tieren durch parasitische Pilze

Verschiedene Pilze parasitieren auf oder in einem tierischen Organismus. In den meisten Fällen sind mit dem Parasitismus für den Wirt mehr oder weniger starke pathogene Erscheinungen verbunden, wenn auch einige Beispiele von bloßem Kommensalismus bekannt sind, wie die Eccrinales (Phycomycetes), die in verschiedenen Arthropoden vorkommen, anscheinend ohne zu parasitieren (C. J. Alexopoulus 1966).

Die pathogenen Formen befallen entweder nur die Körperoberfläche wie die Laboulbeniales (Ascomycetes) auf Insekten und Arachnoiden (C. J. Alexopoulos, 1966) und einige Moniliaceen *(Trichophyton, Microsporum, Epidermophyton),* die bei Vögeln und Säugern verschiedene Dermatomykosen hervorrufen (A. Y. El-Fiki, 1959). Diese Gattungen wachsen praktisch niemals auf lebendem Gewebe, sondern nur auf hornigen, keratinhaltigen Hautteilen (F. Raubitschek, 1964). Ihr natürliches Reservoir haben die Pilze im Boden.

Von größerem allgemein biologischen Interesse sind die Mykosen, in deren Verlauf die inneren Organe des Wirtes befallen werden. Die Infektion endet für den Träger oft mit dem Tod. Die verschiedensten Tiergruppen weisen meist spezifische parasitische Pilze auf: Nematoden (D. Pramer, 1965), Milben (D. Leatherdale, 1965), Insekten (M. F. Madelin, 1960, E. Müller-Kögler, 1965) und Wirbeltiere, vor allem Vögel und Säugetiere (G. C. Ainsworth und P. K. C. Austwick, 1959).

Unter den Pilzerkrankungen des Menschen, der Haus- und Zootiere (Vögel, Säuger) hat in letzter Zeit die Aspergillosis, hervorgerufen von Vertretern der Gattung *Aspergillus,* steigende Bedeutung erlangt (R. Ippen und H. Polzin, 1964, J. W. Landau et al. 1963). Sie geht oft lethal aus. Schimmelpilzaffektionen treten beim Menschen besonders nach Behandlung mit Antibiotika und Cortison-Präparaten auf (R. Ippen und H. Polzin, 1964, K. H. Lindau, 1965), wohl als Folge einer Störung der natürlichen Abwehr-

funktionen. Unter Zootieren, frisch gefangenen Wildtieren, bzw. solchen, die einen langen Transport überstehen mußten, sind besonders häufig Mykosen mit tödlichem Ausgang zu verzeichnen. Am anfälligsten sind Bewohner staubfreier und staubarmer Biotope (Pinguine!) (H. Dathe, 1962). Außer *Aspergillus*-Arten ist noch eine ganze Reihe anderer Pilze für diese Vorkommnisse verantwortlich (G. C. Ainsworth und P. K. C. Austwick, 1959, K. H. Lindau, 1965).

Viele Mykoseerreger sind Saprophyten, die erst, wenn sie Gelegenheit haben, in den Tierkörper einzudringen, zu Parasiten werden. Die parasitische Lebensweise wird, wie für einige insektenpathogene Pilze nachgewiesen ist, durch eine entsprechende Enzymausstattung (extrazelluläre Lipasen, Proteinasen, Chitinase) ermöglicht (G. Benz, 1963, E. Müller-Kögler, 1965), Umgekehrt enthält die Cuticula der Insekten Stoffe (ungesättigte Fettsäuren), die ihrerseits die Pilzentwicklung hemmen (A. M. Heimpel und J. C. Harshbarger, 1965). In Abhängigkeit von Wirtsspezifität, Pilzart und -stamm und sonstigen Faktoren ergeben sich im einzelnen mannigfache Unterschiede.

Toxinbildung des parasitierenden Pilzes im Wirtskörper wird wesentlich zur Entstehung des Krankheitsbildes beitragen. In Human-, und Veterinärmedizin und Pflanzenpathologie gilt, daß Mikroorganismen nur dann pathogen sind, wenn sie in der Lage sind, Toxine zu bilden (E. Gäumann, 1954). Jedoch scheinen wenigstens im Bereich der Pflanzenpathologie Ausnahmen von dieser Regel zu bestehen (R. C. Hare, 1966). Ein zutreffendes Beispiel führen R. P. Scheffler et al. (1964) an. Die Virulenz einer Reihe von Stämmen von *Helminthosporium victoriae* stand in Zusammenhang mit der Menge des gebildeten Toxins. Bei nichtpathogenen Isolaten verlief der Giftnachweis negativ. Zwischen obligat und fakultativ parasitischen und saprophytischen Pilzarten und -stämmen bestehen auch hinsichtlich des N-Stoffwechsels deutliche Unterschiede (M. V. Gorlenko et al. 1958, M. V. Gorlenko und G. D. Uspenskaya, 1960). Die Toxindosis allein, die der Parasit bildet, wird oft zu gering sein, um zum Absterben des Tieres zu führen. Der Tod erfolgt dann hauptsächlich durch andere Faktoren, wie Histolyse, Zerstörung der Blutzellen u. a. (M. F. Madelin, 1960). Bei nur schwacher Toxinsynthese wird auch das Auftreten anderer pathogener Keime (Bakterien) begünstigt (C. Vago, 1963).

Mykosen können unter Haustierbeständen großen Schaden anrichten, besonders in Zoologischen Gärten sind empfindliche Verluste zu verzeichnen. Unter natürlichen Verhältnissen tragen Pilzepidemien gerade bei starker Vermehrung von Insekten wesentlich zur Regulation der Populationsdichte bei. Bei Massenauftreten von Schadinsekten können die Mykosen, wenn es die jeweiligen Bedingungen gestatten, auch künstlich ausgelöst werden (B. Schaerffenberg, 1966). In Zusammenwirken mit anderen Mitteln, wie Kontaktinsektiziden, stellen die Pilze ein oft sehr wirksames Instrument für eine erfolgreiche biologische Schädlingsbekämpfung dar, zu deren optimaler Anwendung jedoch eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen ist (E. Müller-Kögler, 1965).

Ergänzend sei noch auf einen interessanten Fall hingewiesen. H. Aspöck, 1966, berichtet über den Fund eines Intersexes von *Aedes communis*, zu dessen Ausbildung es sicher durch Befall des Insekts mit einem Pilz (wohl *Coelomomyces*) kam. Parallele Erscheinungen sind bisher nur als Folge von Befall mit tierischen Parasiten beobachtet worden.

2.4. Verbreitung der Pilze durch die Tiere

An verschiedenen Stellen wurde bereits ein Thema angeschnitten, dem innerhalb der Behandlung der Wechselbeziehungen zwischen Tieren und Mikroorganismen eine gewisse Bedeutung zukommt. Tiere sind zum Teil wesentlich an der Verbreitung der Pilze beteiligt. Zwar werden die Sporen vieler Pilze durch den Wind ausgebreitet, es sind jedoch bevorzugt die auf der Vegetation wachsenden Arten. Bodenpilze tragen nur einen geringen Anteil zu den in der Luft vorhandenen Sporen bei (P. H. Gregory 1945, M. Dransfield 1966); sie werden durch das Bodenwasser verschleppt (A. Burges 1950). Meist übertragen Tiere die Sporen nur über kürzere Strecken, lediglich der Mensch trägt sie mit Hilfe aller Verkehrsmittel über die Ozeane hinweg (G. E. Baker 1966), leider auch die phytopathogenen Pilze (E. C. Stakmann und C. M. Christensen 1946); an Land sorgen Wind und Tiere für die weitere Ausbreitung.

Im Boden sind es vor allem die beweglichen Formen, wie Nematoden (K.-H. Deubert, 1963, A. L. Dittmann, 1963), Milben, Käfer, Collembolen und andere (C. T. Ingold, 1953, C. G. Dobbs und W. H. Hinson, 1960), die die Mikroorganismen auf andere Substrate überimpfen, in geringem Maße auch kleinere Tiere, wie Amoeben (O. W. Heal, 1963). Die Vielzahl der holz- und rindenbrütenden Insekten (H. B. Talbot, 1952) ermöglicht verschiedensten Pilzen durch Schaffung von Gängen und Verschleppen der Sporen die Besiedlung des Holzes, die Ambrosiazüchter besitzen sogar spezielle Einrichtungen für die Übertragung (H. Francke-Grosmann, 1956). Für die Dungpilze übernehmen die großen Herbivoren diese Funktion; die Darmpassage ist dabei für die Sporen oft wichtige Voraussetzung für die Keimung (C. T. Ingold, 1953). In der äußeren Schleimschicht übertragen Fische viele Pilze und andere Mikroorganismen innerhalb der Gewässer (L. F. Potter und G. E. Baker, 1961), Vögel ermöglichen die Besiedlung neu geschaffener Wasserflächen mit Pilzen (C. T. Ingold, 1953). Meist haften die Sporen rein passiv am Körper; pilzzüchtende Insekten bilden eine verständliche Ausnahme. Sie übertragen aktiv bestimmte Pilze auf ihr Substrat beziehungsweise auf ihren Wohnraum.

3. Eigene Untersuchungen und Ergebnisse

3.1. Auswahl der Pilzarten und -stämme

Die Liste der für diese Untersuchungen verwendeten Pilzarten (Tab. 1) enthält zwei Phycomyceten *(Mucor)* und zwei Ascomyceten *(Chaetomium);* die übrigen werden in der Gruppe der fungi imperfecti zusammengefaßt.

Bei den angeführten Pilzen handelt es sich vorwiegend um Vertreter der Bodenflora (J. C. Gilman, 1957). Ein Teil der Arten ist in der Lage, Cellulose abzubauen (beispielsweise *Chaetomium, Memnoniella, Myrothecium, Trichoderma).* Diese Formen sind besonders im Hinblick auf die Vertreter der Bodenfauna, die sich von Fallaub und anderen Pflanzenresten ernähren,

Tabelle 1

Verwendete Schimmelpilzarten und -stämme

Lfd. Nr.	Name der Pilzart	Stamm-Bezeichnung
1	*Alternaria tenuis* Nees	BAM GP 15
2	*Aspergillus flavus* Link	BAM K 6
3		BAM T 14
4		BAM T 49
5		QM 380 (ATCC 9643)
6		S 700
7		IMI 89 717
8	*Aspergillus niger* van Tieghem	ATCC 6275 (Holl. 2)
9	*Aspergillus ustus* (Bainier) Thom and Church	BAM T 70
10	*Chaetomium alba-arenulum* Ames	BAM MG 68
11	*Chaetomium globosum* Kunze	N 152 (Rom)
12		ATCC 6205
13	*Dactylium fusarioides* Fragoso et Cieerri	BAM T 59
14	*Gliocladium virens* Miller, Giddens et Foster	BAM MG 10
15		BAM MG 40
16	*Memnoniella echinata* (Rivolta) Galloway	WDAC 37
17		K
18	*Mucor fragilis*	CBS
19	*Mucor spinosus* van Tieghem	BAM MF 85
20	*Myrothecium verrucaria* (Albertini and Schweinitz) Ditmar	ATCC 9095
21		K
22	*Myrothecium verrucaria*	ATCC 9095 (Holl.)
23	*Paecilomyces varioti* Bainier	EMPA 55
24		R 1115
25	*Penicillium cyclopium* Westling	LSH 214
26	*Penicillium expansum* Link	BAM MF 23
27	*Penicillium funiculosum* Thom	BAM Gew. 2—7
28	*Penicillium spinulosum*	CBS
29	*Trichoderma lignorum* (Tode) Harz	S 37 D
30	*Trichoderma* spec.	QM 365 (ATCC 9645)
31	*Trichoderma viride* Pers. ex Fr.	BAM T 10
32		BAM T 42
33		BAM MG 59
34		Reinbek
35	*Trichurus spiralis* Hasselring	BAM Gew. 26
36		BAM MG 31

von Interesse. Allgemein haben die verwendeten Arten eine saprophytische Lebensweise, *Aspergillus flavus* kann jedoch fakultativ zum Parasitismus übergehen. Die Liste enthält auch viele Arten beziehungsweise Stämme, die von G. Becker und W. Kerner-Gang, 1964, für Untersuchungen an Termiten geprüft wurden und sich als schädigend oder günstig für die Tiere herausgestellt hatten. So lassen sich Vergleiche mit den dort erzielten Ergebnissen und entsprechenden Beobachtungen an anderen Tierarten ziehen. Alle Pilze wurden der Sammlung der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) entnommen[1].

Wie G. Becker und W. Kerner-Gang, 1964, zeigten, ist mit Unterschieden innerhalb einer Pilzart zu rechnen, wenn mehrere Stämme zur Verfügung stehen. In einigen Fällen ist auch in den vorliegenden Versuchen mit mindestens 2 Stämmen einer Pilzart gearbeitet worden, andererseits wurde eine gewisse Artenvielfalt angestrebt. Die möglichst weitgehende Berücksichtigung beider Gesichtspunkte läßt eher allgemeingültige Aussagen zu.

3.2. Gesichtspunkte für die Auswahl der verwendeten Tierarten

Die Tierarten wurden für die Versuche nach zweierlei Kriterien ausgewählt. Zum einen wurden Arten benutzt, die in ihrem natürlichen Lebensraum mit Schimmelpilzen mindestens in Berührung kommen, wenn sie sie nicht gar fressen, so weit es wenigstens aus der Literatur bekannt ist. Diese Forderung erfüllen verschiedene Bodentiere wohl am besten (Asseln, Nematoden, Diplopoden, Collembolen, Schnecken), aber auch andere, wie *Sitophilus* und *Drosophila* genügen dieser Voraussetzung. Diese Tiere eignen sich gut für die Verfütterung von Pilzmycel und -sporen. Bei einigen Tieren wurde nur ihre Entwicklung in Gegenwart von Pilzen beobachtet.

Für die Verfütterung von Kulturfiltraten und Pilzexrakten waren die genannten Formen nur teilweise zu verwenden. Zum anderen war daher der Kreis der Versuchstiere durch solche zu erweitern, denen ohne größere Schwierigkeiten diese Lösungen verabreicht werden konnten. Außer Termiten wurden in der Hauptsache Ciliaten, daneben auch Flagellaten und ein Süßwasseroligochaet für diesen Teil der Untersuchungen benutzt.

So viele und verschiedenartige Tiere wurden gewählt (s. Tab. 2), damit ein größerer Ausschnitt aus der Vielfalt der möglichen Erscheinungen erfaßt werden kann; zugleich gewinnen die Aussagen dadurch an Allgemeingültigkeit.

3.3. Ergebnisse der Verfütterung von Pilzmycel und -sporen

Alle Pilze, die die Tiere zum Fraß erhielten, wurden in sterilen Plastikschalen von 9 cm ⌀ bei 30° C und 98 % relativer Luftfeuchtigkeit kultiviert. Diese Bedingungen entsprechen etwa den optimalen Ansprüchen einer ganzen Reihe der geprüften Pilzstämme (W. Kerner-Gang, 1965, 1966, G. Theden und M. Schultze-Motel, 1960). Um möglichst schnell die erforderlichen Pilzmengen heranzuziehen, wurden derart günstige Bedingungen für das Pilzwachstum gewählt.

---

[1] Für Überlassung des Pilzmaterials sei Frau Dr. W. Kerner und Fräulein S. Briese auch an dieser Stelle gedankt.

Tabelle 2

Für die Verfütterung von Pilzmycel und -sporen und Verabreichung von Kulturfiltraten und Pilzextrakten verwendete Tierarten

systematische Zugehörigkeit	Tierart[a)]	Versuche mit Mycel, Filtraten, Sporen	Extrakten
Mastigophora	*Bodo* spec.		+
	Euglena viridis Ehrenb.		+
Ciliophora			
Holotricha	*Coleps* spec.		+
	Colpidium colpoda Stein		+
	Paramaecium caudatum Ehrenb.		+
Heterotricha	*Spirostomum teres* Clap und Lachm.		+
Nemathelminthes			
Nematodes	*Rhabditis* spec.	+	
Mollusca			
Gastropoda	*Oxychilus draparnaudi* Beck	+	
	Deroceras agreste L.	+	
Annelida			
Oligochaeta	*Nais* spec.		+
Arthropoda			
Crustacea			
Isopoda	*Porcellio scaber* Latreille	+	+
Myriopoda			
Diplopoda	*Julus* spec.	+	+
Hexapoda			
Collembola	*Entomobrya marginata* Tullberg	+	
	Xenylla brevicauda Tullberg	+	
Dermaptera	*Forficula auricularia* L.	+	
Blattaria	*Blaberus craniifer* Burmester	+	
Isoptera	*Heterotermes indicola* (Wasmann)		+
Coleoptera	*Sitophilus granarius* (L.)	+	
Diptera	*Drosophila melanogaster* Meig	+	

a) Herrn Dr. *W. Peters*, I. Zoologisches Institut der Freien Universität Berlin, danke ich für die Bereitstellung von Protozoen- und Nematoden-Kulturen.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß unter natürlichen, meist wohl weniger optimalen Verhältnissen, die Pilze sich in ihren physiologischen Eigenschaften anders verhalten können als unter den vorgegebenen Bedingungen und folglich auch die Reaktionen der Tiere den Mikroorganismen gegenüber anders als in den vorliegenden Fällen ablaufen können.

Als Nährboden diente Malzagar (3 % Agar, 5 % Malz, 1 % Sägemehlaufkochung; 10 ml Nährmedium pro Schale). Im allgemeinen wurden die mit 1 ml Sporensuspension des jeweiligen Pilzes beimpften Schalen für mindestens 10 Tage in dem Klimaraum belassen. Innerhalb dieses Zeitraumes hatten sich die Pilze völlig über die Agarfläche ausgebreitet und mehr oder weniger stark Sporen ausgebildet.

Anschließend wurden die Tiere in Pilzkulturen zugesetzt und im Falle von *Deroceras, Oxychilus, Porcellio, Julus, Entomobrya, Xenylla* und *Forficula* unter den für das jeweilige Tier günstigsten Bedingungen weiter gehalten. In einigen Reihen mit *Porcellio, Blaberus* und *Forficula* wurden lediglich pilzbewachsene Nährboden- oder Filtrierpapierstücken als Nahrung angeboten. Bei Versuchen mit *Rhabditis, Sitophilus* und *Drosophila* sind die Pilze auf das Nährsubstrat geimpft worden, in dem die betreffende Tierart gehalten wurde (s. dort).

3.3.1. *Rhabditis* spec.

Nach den Protozoen stellen die Nematoden die individuenreichste Tiergruppe im Boden. Viele Arten ernähren sich ausschließlich, zumindest überwiegend von Mikroorganismen. Bakterien und Algen werden als Ganzes verschlungen, Pilzhyphen angestochen, je nach Ausstattung der Mundhöhle mit Zerkleinerungsvorrichtungen, Stilett oder anderem (W. Dunger 1964). Viele als Saprophyten bezeichnete Arten dürften reine Mikrobenfresser sein (Nielsen zit. in W. Dunger 1964).

Unter den Wechselbeziehungen zwischen Nematoden und Mikroorganismen sind die in diesem Zusammenhang interessierenden Beziehungen zu Schimmelpilzen bisher im Schrifttum hauptsächlich unter zwei Gesichtspunkten betrachtet worden:

1. Einfluß von pflanzenparasitischen Nematoden auf Pilzerkrankungen höherer Pflanzen.
2. „Räuberische" Pilze und Nematoden.

1. An Verbreitung, Entstehung von Pilzkrankheiten und Ausmaß der Schädigung der Pflanze können Nematoden sehr unterschiedlich beteiligt sein. Die Tiere übertragen nur die Pilzsporen, infizieren so aber auch gesunde Pflanzen. Die Würmer bereiten, wenn sie sich in die Wurzeln einbohren, erst die Angriffsflächen für einen Pilzbefall vor. Gleichzeitiges Auftreten von Nematoden und Mikroorganismen kann zu kumulativen Effekten (Maximalschädigung liegt nicht höher als die Summe der Einzelschäden) bis hin zum Synergismus führen, das heißt, die Wirkung des Nematoden-Pilz-Komplexes ist höher als die der einzelnen Komponenten. Antagonistische Beziehungen sind gleichfalls möglich (A. L. Dittmann, 1963, N. T. Powell, 1963).

2. Zu den natürlichen Feinden freilebender Fadenwürmer zählen einige Pilze, die mit Hilfe verschiedener Einrichtungen, wie Klebsekreten, Hyphenschlingen und -netzen die Würmer, aber auch andere kleine Tiere, etwa Amoeben, fangen und mit Hyphen, die in das Tier dringen, aufzehren. Die Bildung der Fangorgane erfolgt nur in Gegenwart von Nematoden, kann im Experiment aber auch durch verschiedenartige Stoffe tierischen Ursprungs ausgelöst werden. Systematisch stehen die meisten dieser Pilze in der Gruppe der Hyphomycetes (Moniliales, fungi imperfecti), einige sind Phycomyceten, ein Basidiomycet hat die analoge Lebensweise. Die nematodenfangenden Pilze sind fakultative Parasiten mit weiter Verbreitung im Boden (C. L. Duddington, 1963, D. Pramer und S. Kuyama, 1963, D. Pramer, 1964, E. Reinmuth und A. Dowe, 1966). Daneben gibt es obligate Parasiten. Der Wirt infiziert sich, wenn er in Berührung mit den klebrigen Sporen kommt. Von den außen anhaftenden Fortpflanzungsorganen dringt ein Keimschlauch durch das Integument des Tieres (C. L. Duddington, 1963). Vermutlich wird in beiden Fällen das gefangene beziehungsweise befallene Tier durch Toxine abgetötet. Neben Milben, Collembolen und Bakterien zerstören auch einige Pilze *(Fusarium, Cephalosporium)* die Eier von tierparasitischen Nematoden *(Ascaris* und andere) (H. Lýsek, 1963). Zahlreiche Versuche werden unternommen, die für Nematoden antagonistisch wirkenden Pilze für die Bekämpfung landwirtschaftlich schädlicher Nematodenarten einzusetzen.

Wesentlich weiter gefaßt sind die Untersuchungen von H. Katznelson und V. E. Henderson (1962, 1964), wonach viele Vertreter der Bodenmikroflora, besonders im Wurzelbereich der Pflanzen, eine anlockende Wirkung auf einige Nematodenarten ausüben. Allgemein scheint der Einfluß der Bakterien, Aktinomyceten und Schimmelpilze mehr fördernd als schädigend zu sein. Zwar sind unter normalen Verhältnissen räuberische Pilze im Boden weit verbreitet, aber doch nicht häufig.

Aphelenchus avenae, meist in der Wurzelzone von Pflanzen angetroffen, ernährt sich bevorzugt von phytopathogenen Pilzen; saprophytische Bodenpilze dagegen hemmen das Älchen in seiner Entwicklung, führen in Kulturen sogar oft und schnell zum Absterben der Tiere und Eier. Dafür dürfen toxische Stoffe oder fehlende Wachstumsfaktoren, die für den Nematoden notwendig sind, verantwortlich sein (R. und S.K. Mankau 1963).

Bei Besiedlung des organischen Bestandabfalls mit Pilzen stellen sich neben anderen Tieren auch viele Nematoden ein (J. Webster, 1956); ihre Zahl steigt mit fortschreitender Pilzausbreitung und zunehmendem Abbaugrad des Substrates (J. S. Waid, 1960). Die Tiere sind zum Teil völlig mit Sporen und Hyphen verkrustet (C. G. Carré, 1964), und sie tragen dadurch mit zur Verbreitung der Pilze bei. Ganz allgemein können viele Dekompositionsvorgänge deutlich dadurch von Nematoden beeinflußt werden, daß die Würmer die Mikroorganismen übertragen, die den eigentlichen Abbau des organischen Materials vollziehen (K.-H. Deubert, 1963).

Bei den sehr komplexen wechselseitigen Einflüssen, die zwischen Pilzen und Nematoden bestehen, kommt den einzelnen Komponenten in Abhängigkeit von der Lebensweise und den physiologischen Fähigkeiten der einzelnen Arten eine sehr unterschiedliche Bedeutung zu, wie die Übersicht bereits zeigt.

Das Material über die Rolle, die die Pilze im Leben der Nematoden spielen, ist immer noch nicht sehr umfangreich. Die Frage, wie sich Nematoden in bezug auf Fraß, Vermehrung und Entwicklung verschiedenen Schimmelpilzarten und -stämmen gegenüber verhalten, verdient daher immer noch Interesse.

Als Beitrag zur Klärung dieses Themenkreises wurden die entsprechenden Verhältnisse an einer *Rhabditis*-Form, aus Kompost isoliert, beobachtet. Die Tiere lebten in einem Nährboden mit 0,5 % Fleischextrakt, 0,2 % Pepton und 1,6 % Agar, pH 7 und bei Zimmertemperatur. Unter diesen Bedingungen entwickelten sich die Tiere gut. Petrischalen von 10 cm ⌀ waren innerhalb von 10 Tagen dicht mit Nematoden besetzt. Wurden die Kulturen nicht nachgefeuchtet, trockneten sie in etwa 4 Wochen aus, und die Würmer encystierten sich. Wurden Stücken angetrockneten Agars auf frischen Nährboden gelegt, schlüpften die ersten Tiere innerhalb von 24 Stunden aus.

Petrischalen von 10 cm ⌀ wurden mit 15 ml Nähragar gefüllt, mit 1 ml Sporensuspension einer Pilzart beimpft (28 Pilzarten beziehungsweise -stämme) und in einem Raum mit 30° C und 98% r. Lf. für 4 bzw. 6 Tage (*Aspergillus flavus* QM 380, S 700, *Gliocladium virens* MG 40, *Memnoniella echinata* WDAC 37, K, *Paecilomyces varioti* EMPA 55, *Trichoderma lignorum*) aufbewahrt, bis sich deutlich Mycel- und Sporenbildung zeigten. Anschließend wurden die Schalen in Zimmertemperatur gebracht und mit einem Agarstück von 0,8 cm ⌀ einer *Rhabditis*-Kultur beimpft, die keine frei beweglichen Exemplare mehr enthielt. Regelmäßiges Nachfeuchten verhinderte ein Austrocknen der Schalen. Ausschlüpfen der Nematoden, Besiedlung der Schalen und Entwicklung der Tiere wurden im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle beobachtet (3 Parallelen). Nach 6 Wochen wurden die Tiere unter dem Impfstück und an 4 Stellen am Schalenrand ausgezählt (die 5 Zählpunkte lagen im Schnittpunkt beziehungsweise am Ende eines Kreuzes, Durchmesser des Blickfeldes 8 mm).

In den Kontrollen zeigten sich die ersten Exemplare bereits nach 24 Stunden, sie hielten sich aber überwiegend noch im Impfstück auf. Bis zum 3. Tag bewegten sich die Tiere nur wenig auf die Schalenfläche hinaus. Ihr Erscheinen kündigten sofort reich sich entwickelnde Bakterienkolonien an (Abb. 1). Über 40 ♀ ♀, prall gefüllt mit Eiern, waren nach 3 Tagen auf der Agaroberfläche, viele Eier bereits abgelegt. Einen Tag später schlüpften die ersten Jungen, am 5. Tag die Hauptmasse. Die Larven verließen zu einem großen Teil die Agaroberfläche und drangen in den Nährboden ein. Zu dieser Zeit war aber die Schale oberseits noch nicht vollständig von den Nematoden besiedelt. Erst am 10.

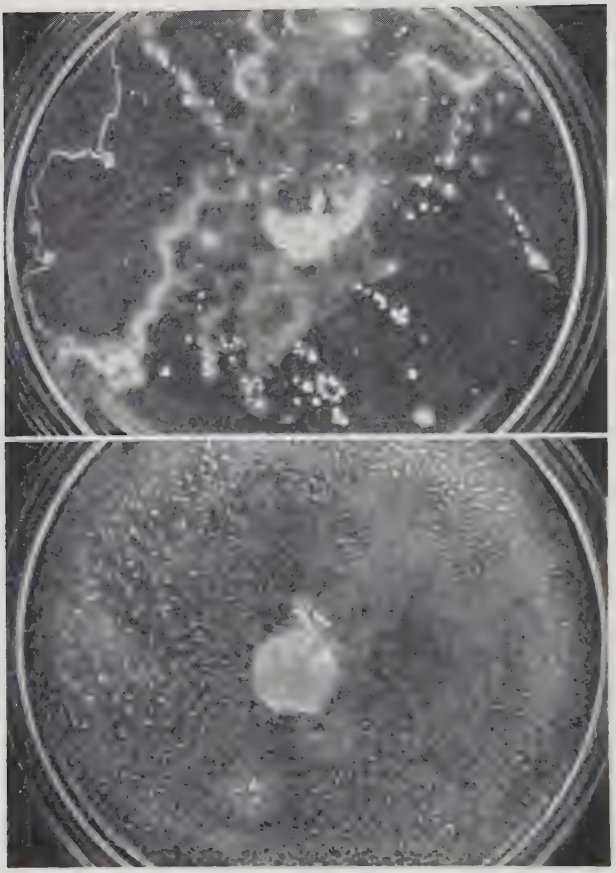


Abb. 1. *Rhabditis* spec. — Kontrolle nach 4 Tagen mit vielen Bakterienkolonien
Abb. 2. *Rhabditis* spec. — *Mucor fragilis* (18) nach 4 Tagen. Das Mycel ist bereits völlig in einen Brei verwandelt und zum Teil schon aufgebraucht worden

Tag hatten sich die Tiere auf der ganzen Fläche verteilt. Gleichzeitig verschwanden die Bakterienkolonien. Die Nematoden dürften sie aufgezehrt haben.

In tieferen Agarschichten bildeten sich keine Kolonien mehr aus; die Tiere lebten dort wohl überwiegend vom Nährboden, die zuerst geschlüpften Jungen zum großen Teil bereits vom 1. Tag an. Im Agar erschienen bald tiefe Einschnitte und Furchen. Während anfänglich die ♀♀ noch Eier legten, schlüpften die Larven vom 10. Tag an bereits im Uterus des ♀ aus. Eiablage wurde später nicht mehr beobachtet, sie blieb auf die ersten Tage beschränkt.

Einen etwas anderen Verlauf nahm die Entwicklung in den mit einem Pilz bewachsenen Schalen (Tab. 3). Bakterienwachstum wie in den Kontrollen unterblieb in allen Fällen, sicher zurückzuführen auf antibiotische Stoffe der Pilze. Den Tieren stand also nur Pilzmycel und Agar als Nahrung zur Verfügung.

Die ersten Tiere erschienen auch hier bereits nach 24 Stunden, bei 10 Pilzen jedoch erst am 2. Tag. Die Tiere waren aber aktiver als in den Kontrollen. Sie verteilten sich innerhalb von 5 Tagen über die gesamte Fläche, einzelne waren schon nach 48 Stunden bis zum Schalenrand gewandert. Mit ein Grund für die erhöhte Aktivität der Würmer in den ersten Tagen dürfte das Fehlen einer so reichen Nahrungsquelle sein, wie sie die großen Bakterienkolonien der Kontrolle darstellten, in denen sich die Tiere zum Teil völlig den Blicken entzogen. Durch die Bewegungen und die Tätigkeit der Nematoden wurden die Pilzhyphen niedergewalzt und in einen Brei verwandelt (Abb. 2), der die Tiere 8—12 Tage lang ausreichend ernährte. Erst nach diesem Zeitraum verließen die Nematoden die Oberfläche des Nährbodens und drangen in die tieferen Agarschichten ein.

Am wenigsten wurde das Mycel von *Aspergillus niger, A. flavus* T 14 und T. 49 aufgebracht, am stärksten das der beiden *Mucor*-Arten, von *Gliocladium virens* MG 10 und MG 40, *Penicillium expansum, P. funiculosum, P. spinulosum, Trichoderma lignorum* und *T. viride* T 10 und T 42. Mit dem Verlassen der Oberfläche war für die Tiere entsprechend zur Kontrolle ein Nahrungswechsel verbunden.

Die ♀♀ legten nach dem 3. bis 4. Tag Eier ab, auf *Chaetomium globosum* und *Trichoderma viride* T 42 am 5., auf *Aspergillus niger* sogar erst am 6. Tag. Die Jungen schlüpften einen, meist 2 Tage später. Larven bereits im Uterus der ♀♀ fanden sich zwischen dem 8. und 12. Tag (zugleich Verlassen der Oberfläche).

Die Entwicklung im Nährboden zeigte dann je nach Pilzart ein etwas unterschiedliches Bild. Allgemein war nach 6 Wochen der Höhepunkt der Vermehrung auch in den Kontrollen überschritten, wohl bedingt durch Substraterschöpfung und Anreicherung von Exkreten. Eine so starke Entwicklung wie in den unbehandelten Ansätzen fand bei keinem der Pilze statt. Der Nematodenagar diente ja hier Tieren und Pilzen zugleich als Nahrung, wurde also wesentlich stärker, aber sicher je nach Pilzart unterschiedlich, ausgenutzt. Weiterhin ist mit Stoffwechselprodukten der Mikroorganismen zu rechnen, die schädigend, zumindest hemmend auf die Vermehrung der Nematoden einwirken.

Mit 90 % des Tierbesatzes der Kontrolle erwies sich *Trichoderma viride* T 42 als der für die Entwicklung der Nematoden über einen längeren Zeitraum (6 Wochen) günstigste Pilz. Zwischen 60 und 80 % liegen die Werte bei *Penicillium spinulosum, P. funiculosum, Trichoderma viride*

Tabelle 3

Entwicklung von *Rhabditis* spec. auf Agar mit verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Bewuchs bei Ansatz[a]	Dauer in Tagen[b] bis zum Auftreten von: ersten Ex.	Eiern	juv.	Larven im Uterus	Ex. im Agar	Mycelverbrauch	Tierbesatz nach 6 Wochen in % der Kontrolle
Alt. tenuis	1	+	1	4	6	10	10/12	+++	29,5
Asp. flavus T 14	3	+++!	1	4	6	10	10	+	14,2
T 49	4	+++!	1	4	6	10	10	+	30,9
QM 380	5	++(!)	1	(5)	(7)	10	10/12	+++	48,4
S 700	6	++	1	(5)	(7)	8	9	+++	38,5
IMI 89 717	7	+++!	2	3	5	10	8	++	26,2
Asp. niger	8	+++!	1	6	8	10	10	+	61,9
Asp. ustus	9	++!	1	3	5	10	10/12	++++	46,0
Chaet. albaarenulum	10	+++	2	3	5	10	12	++	28,6
Chaet. globosum N 152	11	+++	2	5	6	8	12	++	36,9
Dact. fusarioides	13	+++	1	3	5	8	10/12	++	10,9
Glioc. virens MG 10	14	++(!)	1	3	5	10	8	++++	40,7
MG 40	15	++	1	(5)	(7)	?	12	++++	54,6
Mem. echinata WDAC	16	+	1	(5)	(7)	?	12	+++	60,7
K	17	+	1	(5)	(7)	?	12	++	46,3
Mucor fragilis	18	+++	1	3	5	8	8	++++	61,9
Mucor spinosus	19	+++(!)	1	4	6	10	10	++++	49,8
Paec. varioti EMPA	23	++	1	3	5	?	10/12	+++	45,6
Penic. cyclopium	25	+++!	1	3	5	10	12	++	39,0
Penic. expansum	26	++	1	4	6	8	10	++++	47,3
Penic. funiculosum	27	++(!)	2	4	5	10	10	++++	64,7
Penic. spinulosum	28	++	2	3	6	10	10	++++	79,3
Trichod. lignorum	29	++	2	(5)	(7)	9	12	++++	54,1
Trichod. viride T 10	31	+++	1	4	6	10	11/12	++++	68,7
T 42	32	+++	2	5	7	12	10	++++	90,6
MG 59	33	+++(!)	2	4	5	?	12	++	24,3
Reinbek	34	++	2	3	5	8	8	++++	62,5
Trichur. spiralis Gew.	35	+++!	2	3	5	8	12	++	47,7
Kontrolle			1	3	4	10	4		100,0

a) ! = gute, (!) = geringe Sporenbildung
+ = Fläche nicht ganz mit Mycel bedeckt
++ = Fläche gleichmäßig, aber dünn mit Mycel bedeckt
+++ = Fläche gleichmäßig und dicht mit Mycel bedeckt

b) Werte in Klammern liegen sehr wahrscheinlich um einen Tag früher.

T 10 und Reinbek, *Mucor fragilis, Aspergillus niger* und *Memnoniella echinata* WDAC 37, für *Trichoderma lignorum* und *Gliocladium virens* MG 40 nur noch bei 54 %. Das Mycel von *Mucor spinosus* wurde zwar schnell verbraucht, und die Tiere vermehrten sich stark; über einen Zeitraum von 6 Wochen aber stellte er sich im Vergleich zu *M. fragilis* als weniger förderlich heraus.

Pilze, die nur zu einer Vermehrung um 50 % der Kontrolle und darunter führen, sind für die Entwicklung dieser Tierart als ungünstig, wenn nicht gar schädigend zu bezeichnen. Unter letzteren sind 3 Species, *Aspergillus ustus, Gliocladium virens* MG 10 und *Penicillium expansum,* deren Mycel stark aufgezehrt wurde; bei den anderen Pilzen war bereits der Mycelverbrauch gering. Umgekehrt führten *Memnoniella echinata* WDAC 37 und *Aspergillus niger* zu hohem Tierbesatz, das Mycel war aber nur geringfügig genutzt worden.

Aspergillus niger wirkt bei anderen Tieren, mit denen Pilze geprüft wurden, nicht günstig. Auf Malzagar gewachsen, unterbindet er die Collembolen-Entwicklung, andere Arten fressen den Pilz kaum. Bezeichnenderweise lief bei den Nematoden die Entwicklung langsam an (Eiablage erst nach 6 Tagen), Mycel wurde nur wenig gefressen. Erst nach Abwandern in den Nährboden nimmt die Zahl der Tiere stark zu. Im vorliegenden Fall könnte der Agar mit Eiweißanteil zu Änderungen im physiologischen Verhalten des Pilzes geführt haben. So zeigen sich zum Beispiel bei einigen Pilzen Farbänderungen auf Nährboden mit Peptonzusatz. Bekanntlich ist auch die Toxinsynthese substratabhängig.

In Hinsicht auf zu erwartende mögliche Unterschiede zwischen den einzelnen Stämmen der Pilze erhielt *Rhabditis* von *Trichoderma viride* vier, von *Aspergillus flavus* fünf Stämme, von *Memnoniella echinata* und *Gliocladium virens* je zwei Stämme (Abb. 3). Im Tierbesatz ergaben sich bei den beiden letztgenannten Arten nach 6 Wochen zwischen den Stämmen Unterschiede von 14 %. Bei *A. flavus* beträgt die Abweichung bis zu 34 %, bei *T. viride* sogar 66 %. Jedoch fällt nur ein Wert dieses Pilzes mit 24 % in den *flavus*-Bereich. Mit einem Mittelwert von 61 % (n = 4) liegt *T. viride* günstiger als *A. flavus* mit 31 % (n = 5).

In anderen Versuchen (s. Abschn. 3.5) konnte nachgewiesen werden, daß Kulturfiltrat von *Aspergillus niger,* der in Czapek-Dox-Lösung gezogen wurde, Toxine enthält. Um die Wirkung des Filtrates dieses Pilzes und vergleichend noch von *A. flavus* T 14, IMI und *Myrothecium verrucaria* K auf die Nematoden zu prüfen, wurden 15 ml Nährboden mit 5 ml Filtrat 10tägiger Pilzkulturen versetzt, die Schalen in der schon beschriebenen Weise mit Nematoden beimpft und Ausschlüpfen und Verhalten der Würmer im Vergleich zu einer Kontrolle (5 ml reine Nährlösung als Zusatz) über 10 Tage beobachtet.

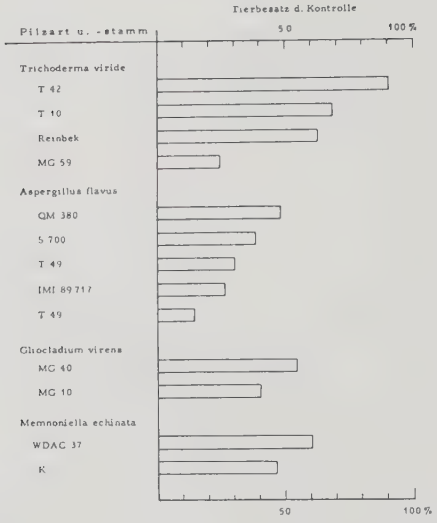


Abb. 3. Besatz der Versuchsschalen mit *Rhabditis* nach 6 Wochen bei einem Vergleich mehrerer Stämme einiger Pilzarten (Werte in % der Kontrolle)

Die Fadenwürmer entwickelten sich in den Kontrollen mit Zusatz entsprechend wie in denen ohne. Die ersten Larven schlüpften am 4. Tag und drangen in den Agar ein. Bakterienkolonien entstanden reichlich.

In den mit Kulturfiltrat behandelten Schalen blieb die Bakterienentwicklung aus. Antibiotische Stoffe werden auch hier das Bakterienwachstum unterdrückt haben (lediglich bei *Myrothecium verrucaria* waren vom 2. Tag an kleine Kolonien auf der Fläche verteilt zu beobachten). Bei diesem Pilz gingen die Tiere vom 4. Tag an in tiefere Schichten, die Geschlechtsorgane reiften langsam heran; innerhalb von 10 Tagen legten die ♀♀ aber keine Eier. Auf den 3 *Aspergillus*-Stämmen reiften die Nematoden nicht heran, sie wanderten auf den Nährboden vom Impfstück her aus, nahmen aber an Zahl ständig ab, und am 7. Tag waren bei *A. niger* alle Exemplare tot. Im Impfstück von *A. flavus* T 14 hielten sich noch einige Tiere und nahmen etwas an Größe zu, da sich darin vom 5. Tag an Bakterien entwickelten. Entsprechendes geschah auch bei *A. niger* und dem anderen *flavus*-Stamm, dennoch gingen die Tiere restlos ein.

Unter den geschilderten Bedingungen erwies sich *Aspergillus niger* als der ungünstigste Pilz für die Nematodenentwicklung und Vermehrung der Tiere. Je nach Kulturmedium verhält sich jedoch der Pilz in seiner Physiologie verschieden. In dem zuletzt beschriebenen Versuch ist das Bakterienwachstum unterdrückt worden, zusätzlich sind aber toxische Stoffe auch für die Nematoden vorhanden. Sie starben ab, obwohl im Impfagar geringe Bakterienentwicklung begann, die bei *A. flavus* T 14 für einen Teil der Tiere zum Leben ausreichte. Schädigend wirkten Stoffe, die *A. niger* in die Umgebung, hier die Kulturlösung, abgegeben hatte. In dem Nährboden mit Peptonzusatz wurden offensichtlich derartige Stoffe nicht gebildet, die Nematoden vermehrten sich gut.

Nach den vorliegenden Ergebnissen scheinen Mikroorganismen, besonders Bakterien, für die Reifung und Vermehrung von *Rhabditis* spec. erforderlich zu sein. Die Bakterien können aber bis zu einem gewissen Grad auch durch verschiedene Schimmelpilze ersetzt werden.

Die phytopathogenen Pilze, zum Beispiel *Rhizoctonia solani, Periconia* spec., führten bei *Aphelenchus avenae* zu einer Massenvermehrung, Saprophyten wie *Penicillium* sp., *Trichoderma viride, Aspergillus terrus, Mucor jansseni* und andere ergaben nur kleine Tierbestände (R. und S. K. Mankau 1963). Bei den eigenen Untersuchungen waren mehrere Saprophyten verwendet worden, die für *Rhabditis* spec. günstige Entwicklungsmöglichkeiten boten. W. A. Feder, 1963, berichtet, daß Nematoden in einer Kultur, die *Penicillium* spec. und eine nematodenfangende *Dactylella*-Art enthielt, die Würmer sich auf dem auswachsenden *Penicillium* vermehrten und mit diesem Pilz in die Schale vorwanderten. Die Vermehrungsrate holte den Verlust durch Fangen von *Dactylella* bald auf, zugleich verlor diese Species an Virulenz.

Es ist bekannt, daß einzelne Bodenmikroorganismen wie Bakterien und Actinomyceten, die beim Abbau von verrottendem Pflanzenmaterial auftreten, nematocide Stoffe bilden (Z. A. Patrick et al. 1965). Andererseits wird auf die anlockende und fördernde Wirkung der Mikroflora im Rhizosphaerenbereich der Pflanzen hingewiesen (H. Katznelson und V. E. Henderson, 1962, 1964). Als sicher kann das Nebeneinander von Schimmelpilzen (Mikroorganismen), die für die Tiere günstig und weniger günstig sind, angenommen werden. Je nach Nematodenart, ihrer Biologie u. a. bestehen bemerkenswerte Unterschiede.

Die Anwendung von Nematociden kann nicht nur direkt auf die Tiere wirken sondern, da auch pflanzliche Organismen zum Teil von diesen Stoffen geschädigt werden, auch indirekt über Beeinflussung der Mikroflora. Das zeigt ein Beispiel, in dem methylsenfölhaltige Präparate gegen Kartoffelnematoden *(Heterodera rostochiensis)* angewandt wurden. Nach anfänglicher Schädigung war bei Bakterien und Streptomyceten eine starke Förderung zu beobachten, Schimmelpilze dagegen wurden fast völlig gehemmt und erholten sich nur sehr langsam (M. Teuber und H. Poschenrieder, 1964). Derart einschneidende Veränderungen in Zusammensetzung und Aktivität der Mikroflora können in hohem Maße die Dynamik der Nematodenpopulation des Bodens, der Bodenfauna überhaupt, entsprechend wie Bodendüngung, beeinflussen.

3.3.2. *Deroceras agreste* und *Oxychilus draparnaudi*

Unter den phytophagen Landschnecken findet sich eine Reihe von Mikrophytenfressern, zumindest werden Mikroorganismen mit anderer Nahrung aufgenommen. An der Stoffumwandlung und Humusbildung können Schnecken in hohem Maße beteiligt sein (E. F r ö m m i n g 1958).

Beim Verzehr des Bestandsabfalls dürften die Tiere vielfach Schimmelpilze mitfressen, falls nicht überhaupt pilzbefallene Nahrung anderer vorgezogen wird. Schimmelbewachsene Blumenzwiebeln nehmen Landlungen-

T a b e l l e 4

Deroceras agreste — Lebensdauer und Fraß bei verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Lebensdauer (Tage)	Fraß nach 1 Tag	Fraß allgemein
Alternaria tenuis	1	10	+	+++
Aspergillus flavus T 14	3	41	–	(+)
QM 380	5	42	+	+++++
S 700	6	24	+	+++
Aspergillus niger	8	39	–	(+)
Aspergillus ustus	9	44	–	(+)
Chaetomium alba-arenulum	10	44	–	Spuren
Chaetomium globosum N 152	11	54	–	Spuren
Dactylium fusarioides	13	44	–	+
Gliocladium virens MG 10	14	7	–	–
MG 40	15	18	–	–
Memnoniella echinata K	17	15	+	+
Mucor fragilis	18	66	+	+++++
Mucor spinosus	19	51	+	+++++
Myrothecium verrucaria K	21	16	–	–
Paecilomyces varioti EMPA 55	23	27	+	++++
Penicillium cyclopium	25	38	+	+++++
Penicillium funiculosum	27	39	+	++
Penicillium spinulosum	28	67	+	+++++
Trichoderma lignorum	29	62	+	++++
Trichoderma spec.	30	19	+	(+)
Trichoderma viride T 10	31	41	+	(+)
Reinbek	34	53	+	++
Trichurus spiralis Gew. 26	35	39	+	+++

schnecken besonders gern an (H. P. Plate, 1959); die Mikroorganismen verändern die Substanz so, daß sie für die Schnecke leichter aufnehmbar und schmackhafter wird. *Lehmannia* und *Deroceras* finden sich vorzugsweise auf feuchtem, pilzbefallenen Buchenlaub (Frömming zit. in D. Godan, 1959).

Viele Hutpilze sind besonders für Nacktschnecken eine wichtige Nahrungsquelle, wie überhaupt diese Tiere in sauren Waldböden mit pilzreichem Rohhumus häufig anzutreffen sind. Fast ausschließlich von Schimmelpilzen leben *Caeciloides acicula* und junge Exemplare von *Limax tenellus* (W. Kühnelt, 1950).

Auch für andere Mollusken als Landschnecken können Pilze von gewisser Bedeutung sein. Die Larven der Bohrmuschel *Teredo pedicellata* sammeln sich bevorzugt an Holz, das mit Basidiomyceten, Ascomyceten und fungi imperfecti befallen ist, und setzen sich auch nur an solchem Holz endgültig fest (W.-D. Kampf et al. 1959). Erhöhung des Eiweißgehaltes im Holz durch die Pilze, Anreicherung auch mit anderen Stoffen, günstige Veränderungen an der Holzoberfläche können mit zur Erklärung herangezogen werden.

Das Verhalten von Schnecken gegenüber verschiedenen Pilzen wurde mit zwei Arten geprüft, der Nacktschnecke *Deroceras agreste* und einer Gehäuseschnecke, *Oxychilus draparnaudi.*

Deroceras agreste

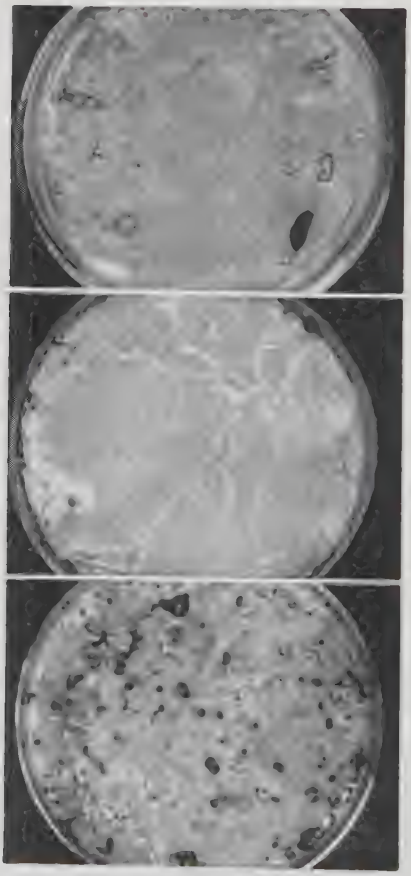
Frisch gesammelte Tiere, die einen Tag gehungert hatten, wurden einzeln in voll mit Pilz bewachsenen Schalen gesetzt (3 Parallelen) und in einen Raum mit 18° C und 60—70 % r. Lf. gehalten. Ausmaß des Fraßes und Lebensdauer dienten zusammen als Maßstab für die Wirkung der Pilze auf die Tiere.

Von 24 Pilzen wurden 9 Arten zögernd angenommen (nach einem Tag noch kein Fraß) oder überhaupt nicht gefressen (Tab. 4). Auf *Gliocladium virens* (2 Stämme) und *Myrothecium verrucaria* nahmen die Tiere kein Mycel zu sich und starben verhältnismäßig kurzfristig (7 bis 18 Tage).

Das Verhalten der Schnecken beim Einsetzen zu diesen Pilzen war besonders auffällig. Auf *Myrothecium verrucaria* gegeben, richteten die Tiere praktisch im Augenblick des Aufsetzens den Vorderkörper auf und führten mit weit vorgestreckten Fühlern kreisförmige Bewegungen in der Horizontalen aus. Die Tiere liefen auf dem Pilz nicht, sie machten sich möglichst schlank. Die Schnecken berührten mit den Fühlern bald den Schalendeckel und zogen sich sofort daran hoch, stülpten die Fühler ein und zogen sich zusammen (Abb. 4). Nach drei Minuten hatten alle Individuen diese Stellung eingenommen.

Ähnlich war der Vorgang bei *Gliocladium virens* zu beobachten, auf den beiden Stämmen jedoch etwas unterschiedlich. Gegenüber MG 10 verhielten sich die Tiere entsprechend wie zu *M. verrucaria,* liefen jedoch nach 3 min ein kurzes Stück, ständig von den pendelnden, suchenden Bewegungen des aufgerichteten Vorderkörpers unterbrochen, kamen

dann aber auch schnell an den Deckel und krochen hoch. Auf dem Stamm MG 40 zogen sich die Tiere nach dem Aufsetzen leicht zusammen, die Fühler nur wenig ausgestreckt. Nach etwa 5 min wurden die Tiere ein wenig beweglich, krochen langsam, ohne den Oberkörper von der Fläche abzuheben, auf dem Mycel entlang, bis sie an die Schalenwand gelangten und verließen sofort den Pilz. Nach 8 min waren 2 Ex., das 3. nach 12 min am Schalendeckel, völlig zusammengezogen wie die Tiere auf den beiden anderen Pilzen.



6

Abb. 4. *Deroceras agreste*. — In Gegenwart des Pilzes *Myrothecium verrucaria* K hat sich das Tier am Deckel der Schale zusammengezogen

Abb. 5. *Deroceras agreste*. — Kriechspuren auf *Chaetomium globosum* N 152 (Tier rechts oben am Rand der Schale)

Abb. 6. *Orychilus draparnaudi*. — *Penicillium funiculosum* als Beispiel für einen Pilz, der gut gefressen wird

Alle Schnecken blieben bis zum Absterben in dieser Lage, ohne ihre Haltung einmal zu ändern. Lediglich während des Fotografierens (in einem anderen Raum) streckte das Exemplar auf Abb. 4 die Fühler ein kurzes Stück heraus. Bei diesen Beispielen wurden die Tiere fast augenblicklich, ohne vom Pilz gefressen zu haben, abgestoßen. Nur sehr zögernd, falls überhaupt, bewegten sie sich auf dem Mycel, versuchten andererseits, möglichst schnell vom Pilz wegzukommen. Daß es den Tieren vielleicht rein mechanisch „unangenehm" war, auf diesen Pilzen zu laufen, dürfte wenig wahrscheinlich sein. Auf allen untersuchten Pilzen mit zum Teil unterschiedlicher Wuchsform liefen die Tiere, auch auf Arten, von denen sie nur wenig fraßen. Bei der *Myrothecium*- und der *Gliocladium*-Art dürften Stoffe, die von den Pilzen ausgeschieden werden (gasförmig, in Wassertröpfchen zwischen den Hyphen gelöst) als entscheidend anzusehen sein. So ist Pilzmycel in der Lage, Acetaldehyd, Äthanol und andere flüchtige Stoffe abzugeben.

Derartige Substanzen sind zum Beispiel sehr wahrscheinlich dafür verantwortlich, daß Pilzsporen in Gegenwart ihrer Elternkulturen nicht auskeimen (P. M. Robinson und D. Park 1966 b).

Fraß und Lebensdauer stehen in keinem direkten Zusammenhang. Bei Arten, deren Mycel völlig verbraucht wurde, lag die Lebensdauer zwischen 38 und 67 Tagen, bei *Paecilomyces varioti* sogar nur bei 27. In diesem Bereich liegen aber auch die Zeiten für die zwei *Chaetomium*-Arten, *Aspergillus flavus* T 14, *A. niger* und *A. ustus*, *Dactylium fusarioides* und *Trichoderma viride* T 10, die sehr geringfügig oder nur in Spuren gefressen wurden.

Bemerkenswert scheint auch das Ergebnis an *Alternaria tenuis* zu sein. Zwar wurde der Pilz noch recht gut gefressen, die Tiere starben aber bereits nach 10 Tagen. Es liegt nahe, in diesem Falle anzunehmen, daß das Mycel schädigende Stoffe in einer für die Tiere unterschwelligen Konzentration enthält, so daß das Mycel noch angenommen wird. Mit Erreichen einer für die Tiere toxischen Konzentration, also erst nach Fraß einer größeren Menge des Pilzes, sterben die Schnecken. Sie verendeten sogar früher als die Individuen auf *Myrothecium* und *Gliocladium virens* MG 40, die überhaupt nichts fraßen. Dieser Befund unterstützt die für *A. tenuis* getroffenen Vermutungen.

Die *Aspergillus*-Arten wurden mit Ausnahme von zwei *flavus*-Stämmen nur unwesentlich befressen. Die Schnecke *Monacha incarnata* fraß von 6 gebotenen *Aspergillus*-Arten nur an zweien (G. Müller und R. Beyer 1965).

Die Schalen mit den beiden *Mucor*-Species, *Aspergillus flavus* QM 380, *Penicillium cyclopium* und *P. spinulosum* wurden kahl gefressen. *Paecilomyces varioti* und *Trichoderma lignorum* gleichfalls noch gut

Mit der zusätzlich längsten Lebensdauer sind *Mucor fragilis* und *M. spinosus* die günstigsten Pilze, *Memnoniella echinata* ließ die Tiere offensichtlich bereits nach Aufnahme kleiner Mengen früh sterben. Von *Chaetomium globosum* fraßen die Schnecken nur winzige Stücke, liefen aber, wie die Kriechspuren zeigten (Abb. 5), viel auf dem Pilz umher und verzogen sich erst nach einiger Zeit an den Rand der Schale.

Oxychilus draparnaudi

Die Schnecken wurden von einem Komposthaufen abgesammelt. Sie eigneten sich ihrer geringen Größe wegen gut für die verwendeten Plastikschalen. Die Mehrzahl der Tiere hatte einen Gehäusedurchmesser von 4—5 mm, bei einigen betrug er bis zu 14 mm. Je 3 Exemplare wurden in eine Schale gegeben, nur zu *Alternaria tenuis* und *Aspergillus flavus* QM 380 2 Exemplare. Pilze, bei denen zu vermuten war, daß sie wenig günstig für die Tiere sind, erhielten neben zwei kleinen eine größere Schnecke. Die Schalen wurden entsprechend wie die mit *Deroceras* bei 18° C und 60—70 % r. Lf. aufbewahrt.

Fraßbild und Verhalten der Tiere dienten als Grundlage für die Beurteilung (Tab. 5). Die Lebensdauer bei verschiedenen Pilzen als Maßstab anzusetzen, war in diesem Fall nicht möglich.

Da sich die Tiere je nach Pilzart zu unterschiedlichen Zeitpunkten in ihr Gehäuse zurückzogen — auf dem Pilz, an der Wand oder am Deckel der Schale — war der Todestag bei den eingezogenen Tieren nur sehr ungenau zu bestimmen. Die teilweise abweichende Größe des Tiermaterials könnte eine einheitliche Beurteilung des Fraßbildes stören. Die stärkeren Indviduen wurden aber nur auf voraussichtlich ungünstige Pilze gesetzt. Die Ergebnisse bestätigten die Vermutungen. Bis auf *Aspergillus flavus* T 14, wo der (aber immer noch geringe) Fraß fast nur auf das große Tier zurückzuführen ist, dürfte in allen anderen Fällen dieses Exemplar nur unwesentlich zu einer Steigerung des Mycelverbrauches geführt haben.

Die Pilze *Aspergillus flavus* T 14, *A. niger, A. ustus,* die beiden *Chaetomium*-Arten, *Dactylium fusarioides, Trichoderma* spez., *T. viride* Reinbek wurden nur wenig bis sehr wenig gefressen, *Gliocladium virens* und *Myrothecium verrucaria* überhaupt nicht.

Kahlfraß wurde bei *Aspergillus flavus* QM 380, *Mucor, Paecilomyces varioti, Penicillium cyclopium* und *P. funiculosum* (Abb. 6) beobachtet. Bis auf die Species *P. funiculosum,* die *Deroceras* nur wenig annahm, zeigen beide Schneckenarten eine gute Übereinstimmung im Verhalten gegenüber den einzelnen Schimmelpilzen. So entsprechen sich auch die Beobachtungen bei *Myrothecium verrucaria* und *Gliocladium virens.*

Auf *G. virens* MG 10 gesetzt, streckte sich *Oxychilus* augenblicklich weit aus dem Gehäuse heraus und führte mit aufgerichtetem Vorderkörper kreisende Bewegungen aus, lebhaft mit den Fühlern tastend. Das größere Tier stieß nach kurzer Zeit an den Schalendeckel und zog sich daran hoch. Die kleinen Individuen krochen zögernd vorwärts, den Pilz mit möglichst kleiner Sohlenfläche berührend (Oberkörper ständig vom Schalengrund abgehoben), bis sie die Wand erreichten, von hier aus be-

Tabelle 5

Oxychilus draparnaudi — Fraß bei verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Zahl u. Größe d. Tiere[a]	Fraß allgemein	Tiere ziehen sich in Gehäuse zurück nach Tagen
Alternaria tenuis	1	2	+++	5
Aspergillus flavus T 14	3	3 (14)	++	1[b]
QM 380	5	2	+++++	15
Aspergillus niger	8	3 (11)	+	5
Aspergillus ustus	9	3 (8)	++	1
Chaetomium alba-arenulum	10	3 (7)	+	4
Chaetomium globosum N 152	11	3	+	5
Dactylium fusarioides	13	3	++	1
Gliocladium virens MG 10	14	3 (10)	–	wenige min
Memnoniella echinata K	17	2	+++	70
Mucor fragilis	18	3	+++++	70
Mucor spinosus	19	3	+++++	57
Myrothecium verrucaria K	21	3	–	wenige min
Paecilomyces varioti EMPA 55	23	3	+++++	15
Penicillium cyclopium	25	3	+++++	57
Penicillium funiculosum	27	3	++++(+)	12
Penicillium spinulosum	28	3	++++	39
Trichoderma lignorum	29	3	+++	7
Trichoderma spec.	30	3	++	7
Trichoderma viride T 10	31	3	+++	5
Reinbek	34	3 (10)	+	8
Trichurus spiralis Gew. 26	35	3	+++	39

a) Zahl in Klammern: Gehäusedurchmesser der großen Schnecke in mm; bei allen übrigen Tieren liegt der Wert zwischen 4—5 mm.
b) siehe Bemerkung im Text.

gaben sie sich an den Deckel. Nach etwa 5 min waren alle 3 Schnecken am Schalendeckel in ihr Gehäuse verkrochen. Entsprechend verlief der Vorgang bei *M. verrucaria.*

Eine Aussage über *Alternaria tenuis* ist bei *Oxychilus* nicht möglich, der Zeitpunkt, zu dem die Schnecken verendeten, konnte nicht bestimmt werden.

Auf Pilzen, die gut gefressen werden, waren die Schnecken im allgemeinen auch länger aktiv. Auf *Aspergillus flavus* T 14 hatten sich die Tiere nach einem Tag eingezogen, lediglich kleine Fraßspuren waren zu sehen. Das große Individuum fing nach gut 30 Tagen wieder an zu fressen. Vielleicht war der Pilz mit zunehmendem Alter für das Tier verträglicher geworden. Entsprechende Beobachtungen wurden auch bei *Porcellio* und Collembolen gemacht.

Die Ergebnisse an *Deroceras* und *Oxychilus* zeigen, daß die Tiere unter dem reichen Angebot von Schimmelpilzen unterscheiden. Einige Arten werden gerne gefressen, andere gemieden. Zwischen diesen Extremen gibt es Übergänge von mehr oder weniger indifferenten Arten, deren Genuß die Tiere nicht schädigt, bis hin zu solchen, die erst in einiger Menge gefressen den Schnecken schaden. Bemerkenswert ist die gute Übereinstimmung im Verhalten beiden Arten.

3.3.3. *Porcellio scaber*

Die Landasseln ernähren sich vom Bestandsabfall, wie Fallaub und Holzresten. Von Pilzen und Bakterien vorzersetztes Material wird anderem vorgezogen (A. Biwer 1961). Die Asseln unterscheiden deutlich die verschiedenen Mikroorganismen voneinander, wie Ergebnisse von G. Müller und R. Beyer (1965) über Verfütterung von mehreren *Aspergillus*-Arten bei fünf Species zeigen. Von der holzfressenden marinen Gattung *Limnoria* ist zwar bekannt, daß pilzfreies Holz als Nahrung dienen kann (L. D. Ray und D. E. Stuntz 1959), jedoch fördert von Ascomyceten und fungi imperfecti befallenes Holz Entwicklung und Vermehrung der Tiere (G. Becker et al. 1957, J. Kohlmeyer et al. 1959, S. P. Meyers und E. S. Reynolds 1957).

Bei 18° C und 60—70 % r. Lf. wurden je zwei Tiere von *Porcellio scaber* in eine voll mit Pilz bewachsene Schale gesetzt (2 Parallelen). Für den Ansatz dienten nur etwa gleich große Exemplare als Versuchstiere. Als Maßstab für das Verhalten den einzelnen Pilzarten gegenüber wurde das Fraßbild genommen; die Lebensdauer ist nur in geringem Umfang zu verwerten.

In den jeweils 2 Schalen stimmte das Fraßbild auffällig überein, daher waren weitere Wiederholungen nicht erforderlich. Von 23 Pilzen wurden 15 gut bis sehr gut gefressen. Nach dem Absterben waren noch geringe Mycelreste vorhanden oder Kahlfraß lag vor. *Alternaria tenuis, Penicillium funiculosum* und *P. spinulosum* sowie *Trichoderma viride* Reinbek sind mit einer Lebensdauer von 80—96 Tagen zugleich die günstigsten.

Nur zögernd oder überhaupt nicht wurden *Chaetomium, Aspergillus flavus* T 14, *A. niger* und *Myrothecium verrucaria* angenommen, nach 24 Stunden war noch kein Fraß zu beobachten, bei *Chaetomium* lediglich Spuren. An diesem Bild änderte sich bis zum Absterben der Tiere nur

wenig, teilweise wurden noch geringe Mengen verzehrt, bei *A. flavus* T 14 erst nach 23 Tagen (vgl. *Oxychilus, Entomobrya*).

Ein deutlich schädigender Einfluß konnte nur bei 2 Arten nachgewiesen werden: *Aspergillus niger* und *Myrothecium verrucaria*. Die Pilze wurden praktisch nicht gefressen, die Lebensdauer betrug nur 33 bzw. 24 Tage. Im Falle von *Myrothecium* versuchten die Asseln, sich möglichst wenig auf dem Mycel aufzuhalten, sie ruhten meist auf der senkrechten Schalenwand, nur ein sich häutendes Ex. wechselte den Panzer auf dem Pilzrasen (Abb. 7). Abb. 8 zeigt im Vergleich ein Beispiel für einen Pilz *(Penicillium funiculosum)*, den die Asseln gut fraßen.

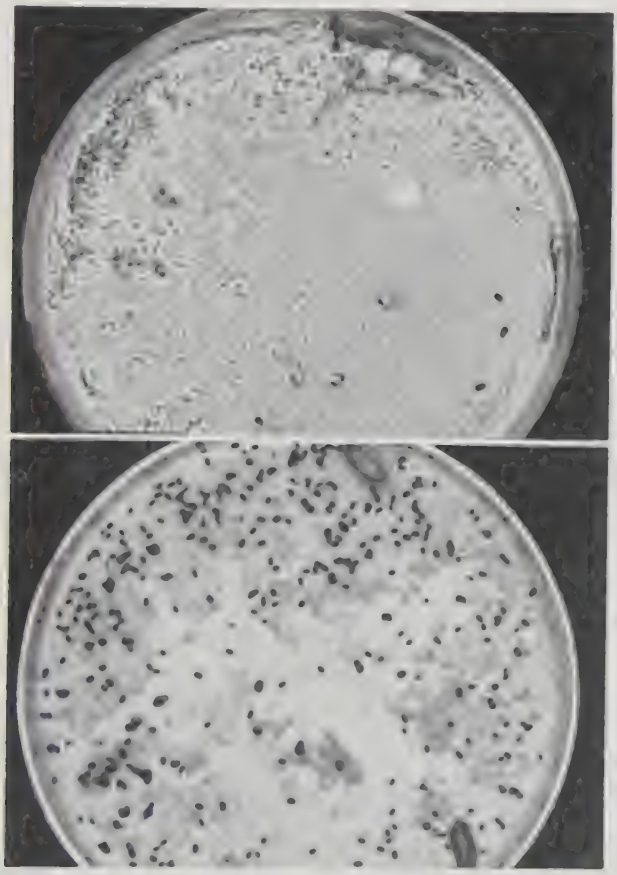


Abb. 7. *Porcellio scaber* — Auf *Myrothecium verrucaria* K halten sich die Tiere fast nur an der Schalenwand auf, nur die Häutung erfolgt einmal auf dem Pilzrasen

Abb. 8. *Porcellio scaber* — *Penicillium funiculosum* als Beispiel für einen Pilz, der gut gefressen wird

Tabelle 6

Porcellio scaber — Fraß und Lebensdauer bei verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Lebensdauer (Tage)	Fraß nach 1 Tag	Fraß allgemein
Alternaria tenuis	1	96	+	++++
Aspergillus flavus T 14	3	60	–	(+)
QM 380	5	52	+	+++++
Aspergillus niger	8	33	–	(+)
Aspergillus ustus	9	81	–	++
Chaetomium alba-arenulum	10	55	+	(+)
Chaetomium globosum N 152	11	48	+	Spuren
Dactylium fusariodes	13	68	+	++++(+)
Gliocladium virens MG 10	14	58	+	++++(+)
MG 40	15	69	+	++
Memnoniella echinata K	17	53	+	+++++
Mucor fragilis	18	79	+	+++++
Mucor spinosus	19	73	+	+++++
Myrothecium verrucaria K	21	24	–	–
Paecilomyces varioti EMPA 55	23	75	+	+++++
Penicillium cyclopium	25	51	+	+++++
Penicillium funiculosum	27	83	+	++++
Penicillium spinulosum	28	82	+	+++++
Trichoderma lignorum	29	78	+	+++++
Trichoderma spec.	30	58	+	+++++
Trichoderma viride T 10	31	57	+	+++++
Reinbek	34	80	+	+++++
Trichurus spiralis Gew. 26	35	78	+	+++(+)

Bei Pilzen mit geringem Fraß aber hoher Lebensdauer der Asseln, wie *Aspergillus ustus* und anderen ist wohl keine toxische Wirkung anzunehmen. Die Pilze dürften lediglich Stoffe enthalten, die geschmacklich *Porcellio* nicht zusagen, so daß sie mehr oder weniger schnell den Fraß einstellen, aber nicht geschädigt werden.

In den Versuchen wurde *Porcellio scaber* mindest 10tägiges Mycel auf Malzagar angeboten. In diesem Alter haben die Pilze bereits sporuliert. Das Verhalten einem bestimmten Pilz gegenüber könnte sich aber mit dessen Alter ändern, etwa im Zusammenhang mit der Sporenreife oder anderen zeitabhängigen physiologischen Vorgängen im Pilz.

Zur Klärung dieser Frage wurden zwei Versuche unternommen. Zunächst erhielten die Tiere Filtrierpapierscheibchen von 18 mm ϕ, die auf Malzagar gelegen hatten und mit Pilz bewachsen waren. Da die Asseln reine Cellulose nicht annehmen (vgl. A. B i w e r , 1961), kam nur der Pilz als Nahrung in Frage. Fünf fungi imperfecti (2 Stämme von *Aspergillus flavus* und 3 *Trichoderma*-Arten) wurden 1, 2, 4, 5, ... Tage alt verfüttert und das Fraßbild nach 24 Stunden optisch bewertet (1 Tier pro Schale, 3 Parallelen, Zimmertemperatur, am Gefäßdeckel feuchtes Filtrierpapier).

Wie Abb. 9 zeigt wurden *T. lignorum* und *T.* spec. vom ersten Tag an gleichbleibend gut, zum Teil sehr gut gefressen. *T. viride* Reinbek weist ein Maximum zwischen dem 2. und 5. Tag auf, danach nimmt der Fraß ab. *A. flavus* T 49 wird spätestens am 4. Tag angenommen, bis zum 5. Tag noch gut gefressen, dann aber in immer geringerem Maße, vom 8. Tag an sind nur noch Fraßspuren zu beobachten. *A. flavus* T 14 fressen die Asseln bis zum 7. Tag wenig, am 8. nur noch in Spuren, dann überhaupt nicht mehr.

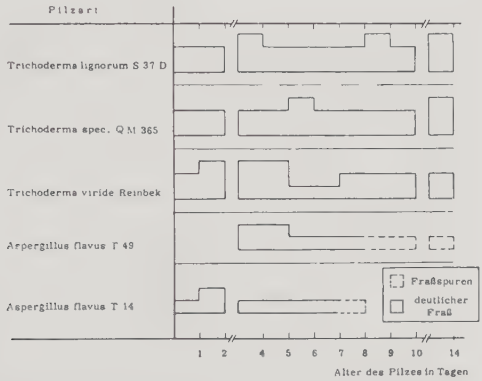


Abb. 9. *Porcellio scaber* — Fraß an verschiedenen Pilzen zunehmenden Alters

In einem gleichzeitig durchgeführten Wahlversuch (je 3 Tiere, 3 Parallelen, Glasschalen von 15 cm $\varnothing$) mit den 5 Pilzen wurden die 3 *Trichoderma*-Arten bevorzugt gefressen, am stärksten *T. lignorum*, gefolgt von *T.* spec., überhaupt nicht *A. flavus* T 14, T 49 nur in geringem Maße, allerdings auch schon etwas am 1. Tag. Der Pilz allein angeboten, wurde spätestens vom 4. Tag an genommen.

Armadillidium vulgare (Latreille), die ursprünglich als eine weitere Asselart verwendet werden sollte, erwies sich zumindest für diese Versuche als wenig geeignet. In den glatten Schalen fielen die Tiere bei dem Bestreben, an

den Wänden hoch zu laufen, oft um und konnten sich auf der ebenen Fläche nur selten wieder von allein umdrehen. Wurden die 3 Trichoderma-Arten verfüttert, fraßen die Tiere daran, liefen weniger umher und kamen so kaum in die Verlegenheit, auf den Rücken zu fallen. Mit *A. flavus* T 14 und T 49 versehen, war kein Fraß festzustellen, die Tiere waren unruhig, in der Zeit bis zur nächsten Kontrolle fielen die meisten um. Die — wenn auch unzureichenden — Beobachtungen an *Armadillidium* stützen aber doch einige der an *Porcellio* gemachten Befunde.

Um den möglichen Einfluß des Pilzalters noch deutlicher zu zeigen, wurde ein weiterer Versuch unternommen. Asseln (je 2 Exemplare, 3 Parallelen) wurden in Schalen gesetzt (Raum mit 24° C, 80 % r. Lf.), in denen für 24 und 48 Stunden der jeweils verwendete Pilz gewachsen war (bei 30° C und 98 % r. Lf.). Tab. 7 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 7

Porcellio scaber — Fraß und Lebensdauer auf verschieden alten Pilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Fraß bei Alter des Pilzes von Stunden		Lebensdauer in Tagen bei Alter des Pilzes von Stunden	
		24	48	24	48
Aspergillus niger	8	+	(+)	15	7
Gliocladium virens MG 40	15	+	+	42	42
Myrothecium verrucaria K	21	+	–	23	13

Bei *Gliocladium* ergaben sich nach Fraß und Lebensdauer keine Unterschiede für die beiden Reihen mit unterschiedlichem Alter. *Aspergillus niger* und *Myrothecium* führten bei einer Altersdifferenz von nur 24 Stunden zu deutlich schnellerem Absterben der Tiere. Das einen Tag alte Mycel hat noch keine Sporen ausgebildet, die Sporulation setzt im Laufe des 2. Tages ein. Im Zusammenhang damit müssen Stoffwechselvorgänge ablaufen, die zur Bildung toxischer, mindest für die Asseln unangenehmer Verbindungen führen. Bei *Gliocladium virens* scheinen derartige Vorgänge nicht stattzufinden. Vor und nach der Sporulation werden diese Pilze wie wohl auch viele andere gleich gut gefressen. Bei dieser Pilzart ist der auffällige Unterschied, wie sich Schnecken und Asseln zu ihr verhalten, bemerkenswert.

Myrothecium wird 48 Stunden alt überhaupt nicht mehr angenommen, die Tiere laufen zunächst unruhig auf dem Mycelrasen hin und

her, versuchen, die Gefäßwände hoch zu gelangen und zu entkommen. Dies gelingt natürlich nicht, die Tiere halten sich aber nur noch am Rand der Schale beziehungsweise deren Wand auf. Das ablehnende Verhalten stellt sich bei den auf ganz junges Mycel gesetzten Tieren erst in den kommenden Tagen ein, da der Pilz in niedrigerer Temperatur und Luftfeuchte langsamer weiterwächst und die Sporulation etwas verzögert wird. Der 48 Stunden alte *A. niger* wurde noch in Spuren gefressen, diese reichten aber bereits aus, die Tiere innerhalb von etwas mehr als 7 Tagen absterben zu lassen. Daß es sich hier nicht um besondere auf *Porcellio scaber* beschränkt bleibende Vorgänge handelt, zeigen die später behandelten parallelen Versuche bei Collembolen *(Entomobrya)* und Verfütterung von pilzbewachsenem Filtrierpapier an *Forficula*.

3.3.4. *Julus* spec.

Die meisten Diplopoden ernähren sich von modernden Pflanzenteilen; sie nehmen dabei ständig Mikroorganismen mit auf. Viele Arten sind überwiegend Mikrophytenfresser. Sie haben des hohen Nährwertes dieser Substanzen wegen einen bedeutend kürzeren Darm als die Formen, deren Hauptnahrung abgestorbenes Pflanzenmaterial darstellt (G. Seifert, 1961). Die Diplopodenlarven weiden meist Pilz- und Algenrasen ab (W. Dunger, 1964). Polydesmiden greifen unzersetztes Fallaub nicht an, sie bevorzugen stark von Pilzhyphen durchwachsenes und gut durchfeuchtetes Laub. Jedoch bestehen artgebundene Unterschiede. *Glomeris marginata* nimmt trockenes, unzersetztes Buchenlaub auf, *G. conspersa* dagegen schon etwas verrottetes, feuchtes, somit reicher von Mikroorganismen besiedeltes Laub (W. Kühnelt, 1950).

Drei Diplopodenarten nahmen von mehreren Vertretern der Gattung *Aspergillus* keinen an, obwohl es sich um Laub- und Detritusfresser handelte (G. Müller und R. Beyer, 1965).

Eine große *Julus*-Form, die in einem Feldgelände gesammelt war, wurde mit Lindenlaub bei 18° C gehalten. Je ein Tier wurde in eine Pilzschale gegeben (3 Parallelen). Da die Tiere nur in begrenzter Zahl zur Verfügung standen und sich nur zu bestimmter Zeit im Frühjahr auflesen ließen, war eine Beschränkung auf gleich großes Material nicht möglich. Die Gewichte lagen zwischen 161 und 276 mg.

Die Diplopoden zeigten im Vergleich zu *Porcellio*, gleichfalls einem Laubfresser, den einzelnen Pilzen gegenüber ein zum Teil abweichendes Verhalten (vgl. Tab. 6 und 8). So wurden *Alternaria tenuis* und *Dactylium fusarioides* überhaupt nicht von *Julus* verzehrt, von *Porcellio* dagegen recht gut. *Penicillium spinulosum* wurde von Julus gleichfalls abgelehnt. Das schien jedoch nicht an einer Unverträglichkeit des Pilzes für das Tier zu liegen. Bei dieser *Penicillium*-Art handelt es sich um eine „kurzgrasig" wachsende Form, die stark sporuliert. Bei jeder Bewegung puderten sich die kurzbeinigen Tiere mit Sporen ein; möglicherweise gingen die Tiere an Stigmenverschluß ein. *Porcellio* schien davon

nicht beeinträchtigt zu werden; im Gegenteil, die Asseln fraßen den Pilz völlig auf. Bot man den Pilz auf kleinen Filtrierpapierscheibchen in einer sonst leeren Schale, so daß sich das Tier nur in geringem Umfang mit Sporen bestäubte, brauchte auch *Julus* den Pilz ganz auf. Von 4 *Trichoderma*-Arten, die auch an *Porcellio* verfüttert waren, verzehrte *Julus* nur zwei *(T. viride* Reinbek, *T. lignorum)* sehr gut, wenn auch schwächer als die Asseln. Die Befunde an den anderen Pilzen liegen ähnlich wie bei diesen Tieren (s. auch Abb. 10, 11).

Abb. 10. *Julus* spec. — Guter Fraß auf *Mucor spinosus*
Abb. 11. *Julus* spec. — Auf *Trichoderma viride* T 42 unterbleibt der Fraß weitgehend (keine Kotpartikel)

3.3.5. *Entomobrya marginata* und *Xenylla brevicauda*

Die Hauptnahrung bodenbewohnender Collembolen bilden der organische Bestandsabfall beziehungsweise die Kotballen anderer Fallaubfresser. Nicht minder wichtig sind Mikroorganismen, besonders Pilze. Bei vielen Collembolen konnte durch Darmuntersuchungen Pilzfraß nachgewiesen werden. Nach verschiedenen Beobachtungen ist anzunehmen, daß die vorwiegend saprophytisch lebenden Vertreter dieser Insektengruppe mehr oder weniger häufig Mikroorganismen aufnehmen (W. Dunger, 1956, 1964). Besonders gern wird Laub gefressen, das bereits einen gewissen Zustand der Verrottung besitzt (F. Schaller, 1950) und mit Hilfe von Mikroorganismen leichter aufschließbar ist. Dies scheint jedoch nicht unbedingt Voraussetzung zu sein (W. Dunger, 1956). Die Formen, die hauptsächlich Mikroorganismen verzehren, sind Bewohner tieferer Bodenschichten (G. Zachariae, 1963). Vielfach wird im Gegensatz zu den Oribatiden und Regenwürmern festgestellt, daß Collembolen durch starke Pilzentwicklung keinesfalls gestört werden (E. Kevan, 1962). Im Kalksteinbraunlehm zum Beispiel erreicht die Besiedlungsdichte dieser Tiere ihr Maximum in der F-Schicht, die durch Reichtum an Pilzen ausgezeichnet ist (F. Schaller, 1949).

Tabelle 8

Julus spec. — Fraß an verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Fraß	Pilzart	Lfd. Nr.	Fraß
Alt. tenuis	1	–	*Myr. verr.* Holl.	20	(+)
Asp. flav. K 6	2	++++	K	21	–
T 14	3	(+)	*Paec. var.* EMPA	23	+++++
T 49	4	(+)	R 1115	24	+++++
QM 380	5	+++++	*Penic. cyclop.*	25	+++++
S 700	6	+++++	*Penic. expansum*	26	+
Asp. niger	8	(+)	*Penic funic.*	27	++
Asp. ustus	9	++	*Penic. spinul.*	28	–[a]
Chaet. alba-aren.	10	+	*Trichod. lig.*	29	+++(+)
Chaet. glob. N 152	11	–	*Trichod. spec.*	30	+++
ATCC	12	(+)	*Trichod. vir* T 10	31	++
Dact. fusarioides	13	–	T 42	32	+
Mem. echin.			MG 59	33	++
WDAC	16	–	Reinbek	34	++++
K	17	+	*Trich. spir.* Gew.	35	+++++
Mucor fragilis	18	+++++	MG 31	36	++++
Mucor spinosus	19	++++			

a) vgl. Text.

Veränderungen in der Mikroflora, zum Beispiel hervorgerufen durch Düngungsmaßnahmen, verursachen deutliche Abwandlungen in Verhalten und Zusammensetzung der Collembolenfauna (G. Gisin 1952, G. Ronde 1957, W. Dunger 1958, G. Höllerland 1959, E. v. Törne 1963). Das Verhalten ist artspezifisch (G. Gisin 1952), so können im Flachmistkompost jedem Zersetzungsgrad, also jeder Sukzessionsstufe der Mikroflora bestimmte Leitformen zugeordnet werden (E. Mrohs 1958).

Bei einem Angebot von mehreren Pilzen wird unter den einzelnen Arten beziehungsweise Stämmen gewählt, einige werden bevorzugt, andere gemieden. M. Gersonde und G. Becker (1958) und G. Schultze-Dewitz (1961) berichten, daß Versuche mit drei Basidiomyceten — *Coniphora cerebella, Poria vaillantii, Merulius lacrimans* — durch unerwünschtes Auftreten von Collembolen und Milben gestört wurden. Die Tiere verzehrten das Mycel der beiden erstgenannten Pilze, und sie vermehrten sich stark auf ihnen; *Merulius* blieb von den Tieren verschont.

G. Müller (1959) konnte bei drei Collembolenarten gegenüber mereren Bodenpilzen Wahlvermögen beobachten. Noch deutlicher zeigten das neuere Untersuchungen (G. Müller und R. Beyer 1965). Nach Vermehrung und Fraß ergeben sich für die einzelnen Schimmelpilze verschiedene Werte. Die Pilze, auf denen eine hohe Fortpflanzungsrate erzielt wird und die, die besonders gerne gefressen werden, sind nicht immer identisch.

Eine gewisse Vorliebe mancher Collembolen für Mikroorganismen, besonders Pilze, kann ausgenutzt werden, um Tierzuchten schimmelfrei zu halten, wie es P. Weygoldt, 1966, für Pseudoskorpione schildert. Die gleiche Aufgabe übernehmen die Collembolen in den Klimaräumen der Bundesanstalt für Materialprüfung, in denen Termiten gehalten werden. In diesem Fall sind es erwünschte Gäste.

Verhalten und Entwicklung auf verschiedenen Schimmelarten wurden bei zwei Collembolenarten beobachtet: *Entomobrya marginata* und *Xenylla brevicauda*[2]. Beide Arten sind ständige Bewohner der Termitenkeller. Die Versuche wurden in einem Raum mit 30° C und 98 % r. Lf. durchgeführt. *Entomobrya* stellt sich in allen Termitenzuchtbehältern ein, sobald sich Schimmel am Holz bildet; einige Pilze scheinen aber gemieden zu werden. *Xenylla* dagegen erscheint meist als Zweitbesiedler. Die Art findet sich in schon stark vermodertem Holz ein oder an den Stellen, wo *Entomobrya* den Pilzrasen bereits zu einem großen Teil abgeweidet hat. Pilzzuchtschalen, die nicht fest verschlossen waren, wur-

[2] Frau Dr. Stüben, Biologische Bundesanstalt Berlin-Dahlem, danke ich für die Bestimmung der Collembolen.

den nach einiger Zeit von den Tieren besiedelt, jedoch nicht unterschiedslos, und derart, daß *Xenylla* meist erst dann erschien, wenn die andere Art einige Stellen schon kahl gefressen hatte.

Entomobrya marginata

Auf jeden Pilz wurden 20—30 Exemplare angesetzt (unterschiedliche Größe, 3 Parallelen). Für den Fall, daß sich die Tiere vermehrten, wurde der Versuch zu der Zeit abgebrochen, wenn der Pilz völlig verzehrt war. Für eine Beurteilung der einzelnen Pilze wurden Zahl der Tiere und Eier und die für den Kahlfraß erforderliche Zeit herangezogen. Meist wurden bei den Zwischenkontrollen die abgelegten Eier gezählt, in einigen Fällen wurde auch zwischen frisch gelegten und älteren unterschieden. Die erhaltenen Werte können zur zusätzlichen Kennzeichnung herangezogen werden. Um ein Ab- und Zuwandern von Tieren zu verhindern, sind die Schalen noch mit Klebestreifen verschlossen worden.

Wie Tab. 9 und Abb. 12 veranschaulichen, ergeben sich für die geprüften Pilze wieder unterschiedliche Werte. Von 36 Arten beziehungsweise Stämmen starben die Tiere bei 11 Pilzen ab, bevor sie den Pilz aufgefressen hatten; vielfach unterblieb in diesen Fällen die Vermehrung völlig oder fand nur über einen begrenzten Zeitraum hin statt. In Abb. 12 sind die Quotienten aus Individuenzahl und Fraßzeit nach fallenden Werten für die übrigen Pilze (25) eingetragen. Als günstig für

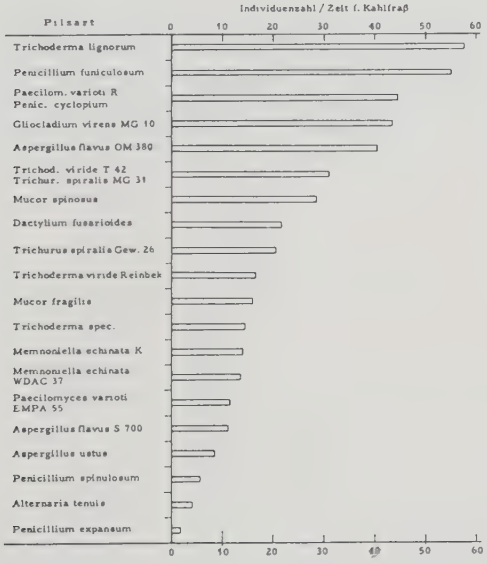


Abb. 12. *Entomobrya marginata* — Quotient aus der Gesamtzahl der Individuen und der für den Kahlfraß erforderlichen Zeit für einige Schimmelpilze

Tabelle 9

Entomobrya marginata — Entwicklung auf verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Auftreten nach Tagen[a]			Zahl der Tiere u. Eier nach Kahlfraß	Quotient aus Gesamtzahl der Individuen u. der Zeit für Kahlfraß	Bemerkungen
		1. Ei	1. juv.	Kahlfraß			
Alt. tenuis	1	(4)	5	18	73	4,0	Milben
Asp. flavus K 6	2	7	12	33	649	19,5	Fremdpilz
T 14	3	1	—	—	—	—	
T 49	4	1	5	—	—	—	
QM 380	5	1	4	15	611	40,7	
S 700	6	1	4	23	252	10,9	
Asp. niger	8	1	4	—	—	—	
Asp. ustus	9	1	(6)	49	425	8,5	
Chaet. alba-aren.	10	1	5	—	—	—	
Chaet. glob. N 152	11	1	4	—	—	—	
ATCC	12	1	4	—	—	—	
Dact. fusarioides	13	(4)	6	18	392	21,8	
Glioc. vir. MG 10	14	2	(7)	24	1 054	43,9	
MG 40	15	1	5	—	—	—	
Mem. echin. WDAC	16	1	5	31	427	13,7	
K	17	1	6	25	451	14,0	
Mucor fragilis	18	1	4	34	539	15,8	
Mucor spinosus	19	1	4	25	726	28,6	
Myr. verr. ATCC	20	—	—	—	—	—	
K	21	3	8	—	—	—	
Holl.	22	11	16	—	—	—	
Paec. var. EMPA	23	1	5	19	219	11,5	
R 1115	24	1	5	19	860	44,5	
Penic. cyclopium	25	1	(4)	19	846	44,5	
Penic. expansum	26	1	4	14	26	1,8	Milben
Penic. funic.	27	1	4	20	1 117	55,8	
Penic. spinul.	28	1	4	48	288	5,9	
Trichod. lig.	29	3	8	22	1 269	57,7	
Trichod. spec.	30	2	(7)	12	176	14,7	wenig Mycel
Trichod. vir. T 10	31	3	8	28	1 001	35,7	Fremdpilz
T 42	32	1	?	26	831	31,9	
MG 59	33	(4)	?	20	692	33,6	Fremdpilz
Reinbek	34	1	7	38	630	16,3	
Trichur. spir. Gew.	35	1	4	27	561	20,7	
MG	36	1	?	24	770	31,6	

a) Werte in Klammern liegen etwas früher.

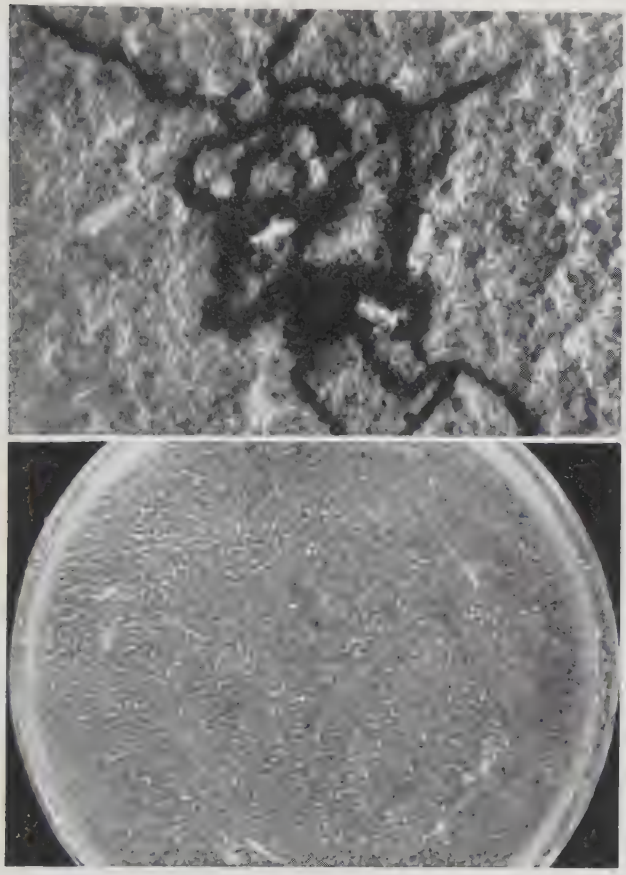


Abb. 13. *Entomobrya marginata* — Fraßgänge in *Trichoderma lignorum* mit 2 toten Tieren

Abb. 14. *Entomobrya marginata.* — Typisches Ribbelmuster auf der Nährbodenoberfläche. Der Pilz ist völlig aufgefressen

die Vermehrung sind nur 8 Schimmelpilze zu bewerten (Werte über 30), also Pilze, auf denen hohe Tierzahlen innerhalb kurzer Zeit bei gutem Fraß erzielt wurden. Der geeignetste Pilz ist demnach *Trichoderma lignorum* S 37 D. Einschränkend muß aber gesagt werden, daß in den ersten Tagen einzelne Individuen starben; sie fraßen zunächst kleine Gänge in den Pilz hinein, trieben diese ein Stück voran und verendeten schließlich darin (Abb. 13). Ebenso starben einzelne Tiere innerhalb der ersten Woche nach dem Ansatz auf *Trichoderma viride* T 10 und Reinbek. *Penicillium funiculosum* ist auch als günstig anzusehen. Ohne anfängliche Schwierigkeiten vermehrte sich *Entomobrya*, die Fraßzeit lag

bei 20 Tagen. Unter den die Tiere fördernden Pilzen hat der *Aspergillus flavus*-Stamm QM 380 mit 15 Tagen die kürzeste Fraßdauer, erbrachte aber nur etwa die halbe Tierzahl von *T. lignorum*.

Bei *Aspergillus flavus* K 6 und *Trichoderma viride* MG 59 und T 10 traten zwischen dem 7. und 12. Tag Verunreinigungen durch andere Pilze auf, die offensichtlich die Entwicklung der Tiere förderten. Auf *Trichoderma* starben zunächst einzelne Individuen, auf *flavus* wurden nur wenige Eier gelegt, die Eizahl stieg aber mit Auftreten der Fremdinfektion an. Die erhaltenen Werte wurden nicht in den Vergleich einbezogen.

Alternaria tenuis wurde von der Milbe *Tyrophagus putrescentiae* heimgesucht, eine Art, die häufig in Schimmelkulturen auftritt. Die Tierzahl auf diesem Pilz dürfte ohne die Futterkonkurrenz etwas höher gelegen haben. *Trichoderma* spec. bildete nur sehr wenig Mycel und Sporen aus, so daß den Tieren im Vergleich zu anderen Pilzen wenig Nahrung zur Verfügung stand. Die Entwicklung war aber verhältnismäßig gut, die Werte sind jedoch nicht unmittelbar vergleichbar.

Bei *Aspergillus flavus, Gliocladium virens, Paecilomyces varioti* und *Trichoderma viride* weisen die einzelnen Stämme zum Teil sehr unterschiedliche Ergebnisse auf.

Bei Pilzen, die gefressen werden, aber doch nur zu geringer Nachkommenschaft führen, wie *Alternaria tenuis, Aspergillus flavus* S 700 (Abb. 15), *Paecilomyces varioti* EMPA 55, *Penicillium expansum, P. spinulosum,* muß angenommen werden, daß Stoffe in den Hyphen und (oder?) Sporen enthalten sind, die auf die Gonadenentwicklung hemmend wirken, oder daß diese Pilze die für eine starke Vermehrung nötigen Substanzen in zu geringer Menge enthalten. Diese Formen bilden den Übergang zu den Pilzen wie etwa den verwendeten *Chaetomium*-Arten, auf denen die Tiere nur anfänglich, teilweise sogar gut, Eier legen. Die Eiablage läßt mit der Zeit mehr und mehr nach, unterbleibt schließlich völlig, und die Tiere sterben ab, bevor der Pilz aufgezehrt ist. *Chaetomium* parasitierte die Tiere nicht wie es bei *Aspergillus flavus* T 14 und *Myrothecium verrucaria* zu beobachten war; nie waren verpilzte Leichen zu finden. Der Pilz dürfte für die Tiere toxische Stoffe in zunächst unterschwelliger Konzentration bilden, so daß er zwar noch von den Collembolen gefressen wird und die Tiere nicht abschreckt. Die schädigenden Stoffwechselprodukte können sich aber wohl im Tierkörper anhäufen. Aus *Chaetomium globosum* ließen sich übrigens bereits für Ratten tödliche Toxine gewinnen (C. M. Christensen et al. 1966).

Die geprüften Pilze zeigen in ihrer Wirkung auf die Collembolen folgende hypothetischen Abstufungen:

— kurze Zeit bis zum Kahlfraß, hohe Vermehrungsrate (*Trichoderma lignorum, Penicillium funiculosum* und andere). Die Pilze stellen eine wertvolle und fördernde Nahrungsquelle dar.

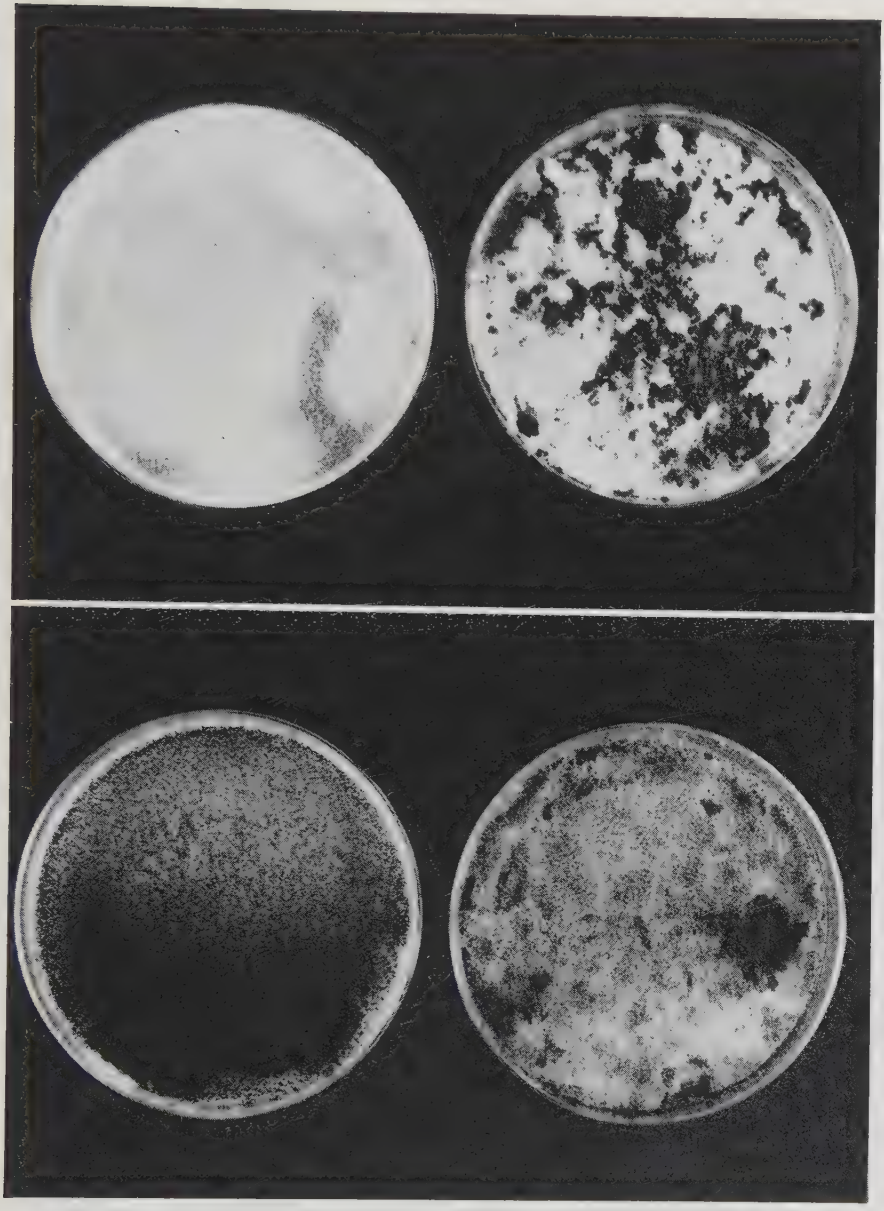


Abb. 15. *Entomobrya marginata* — Fraß auf *Aspergillus flavus* S 700 nach 15 Tagen (links Schale ohne Tiere)

Abb. 16. *Entomobrya marginata* — Nach etwa 4 Wochen wächst auf *Aspergillus niger* wattiges Mycel, an dem die Tiere fressen. Sie legen die Konidienträger wieder frei (links Schale ohne Tiere)

— kurze Zeit bis zum Kahlfraß, geringe Vermehrungsrate (*Alternaria tenuis, Penicillium expansum* und andere). Entweder sind entwicklungshemmende Stoffe vorhanden oder für die Vermehrung günstige Produkte liegen nur in geringer Konzentration vor.

— bis zum Kahlfraß vergeht ein längerer Zeitraum, relativ geringe Tierzahl *(Aspergillus ustus, Penicillium spinulosum).* Zusätzlich sind fraßhemmende Stoffe vorhanden.

— anfangs Fraß und Entwicklung gut, beides klingt schnell ab, die Tiere sterben *(Chaetomium alba-arenulum, Ch. globosum).* Stoffe mit einer für die Collembolen ungünstigen Wirkung sind in unterschwelliger Konzentration vorhanden, die Schädigung erfolgt erst nach Aufnahme einer gewissen Pilzmenge.

— Fraß und Entwicklung von Anfang an mäßig (*Aspergillus niger, Gliocladium virens* MG 40). Schädigende Stoffwechselprodukte liegen bereits in hoher Konzentration vor.

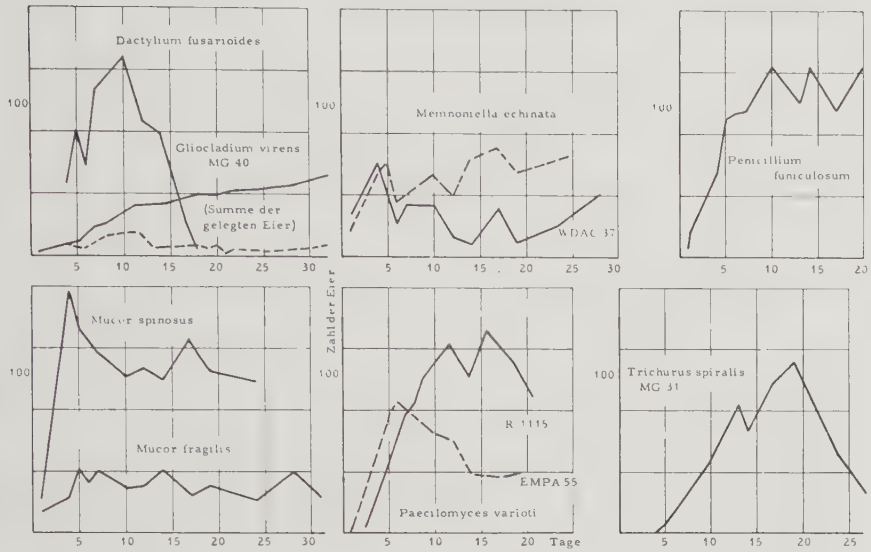
— Fraß und Vermehrung unterbleiben mehr oder weniger völlig *(Aspergillus flavus* T 14, *Myrothecium verrucaria).* Die Pilze bilden wirkungsvolle Toxine und sind gleichzeitig parasitisch.

Aus der Tab. 9 und den Abb. 17—22 sind die Ergebnisse der Kontrolle der Eiablage ersichtlich. In den meisten Fällen waren die ersten Eier bereits nach 24 Stunden zu sehen, nur auf *Myrothecium verrucaria* erst nach 3 beziehungsweise 11 Tagen, auf einem Stamm wurden überhaupt keine Eier gelegt. Zum Schlüpfen brauchten die Jungen im allgemeinen 3—5 Tage.

Die Kurven, die die Summe der täglich abgelegten Eier angeben, sind bei *Aspergillus flavus* QM 380, *Gliocladium virens* MG 10, *Penicillium cyclopium* und *Trichoderma lignorum* durch einen steilen Anstieg gekennzeichnet, die von *T. viride* Reinbek und *Penicillium spinulosum* schon etwas weniger. Relativ flach verlaufen sie für *Aspergillus flavus* S 700, *Chaetomium globosum* N 152 und *Gliocladium virens* MG 40. Während also auf den erstgenannten Arten die Vermehrung bis zum völligen Verzehr des Pilzes fast unvermindert anhält, läßt sie auf den zuletzt angeführten Formen bereits vorher deutlich nach.

Auch ein Vergleich der Werte für die täglich vorhandene Zahl der frisch gelegten und älteren, noch nicht geschlüpften Eier führt zu Unterschieden bei den einzelnen Schimmelpilzen. Die Kurve für *Chaetomium alba-arenulum* hat innerhalb der ersten 7 Tage einen starken Gipfel, dann fällt sie steil ab. Am 35. Tag sind alle Jungen geschlüpft, neue Eier werden vereinzelt noch am 49. und 70. Tag gefunden. Weniger ausgeprägt zeigt sich das gleiche Bild bei *Ch. globosum* ATCC 6205 und N 152; letzterer weist zwischen dem 24. und 30. Tag einen zweiten Gipfel auf, die Kurve verläuft dann aber auch flach weiter. *Mucor spinosus* hat das Maximum ebenfalls am Anfang.

Bei anderen Pilzen wird das Maximum später erreicht, die Kurve steigt etwa bis zu der halben für den Kahlfraß erforderlichen Zeit an und fällt dann ab, das heißt die Zahl der neu gelegten Eier nimmt mit fortschreitendem Pilzverzehr ab *(Aspergillus ustus, Dactylium fusarioides, Paecilomyces varioti, Penicillum funiculosum, P. spinulosum, Trichurus spiralis).* In anderen Fällen steigt die Kurve bis kurz vor dem Kahlfraß mehr oder weniger steil an,



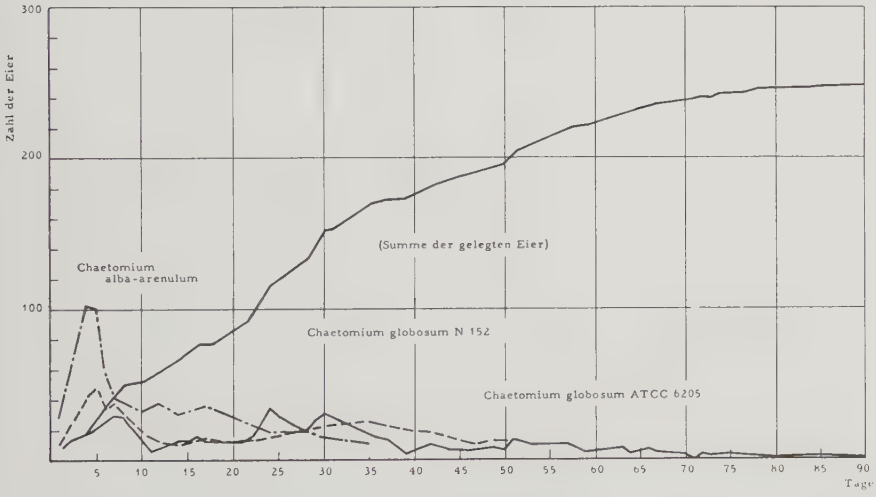


Abb. 17 und 18. *Entomobrya marginata* — Zahl der pro Tag vorhandenen Eier in Kulturen verschiedener Schimmelpilze

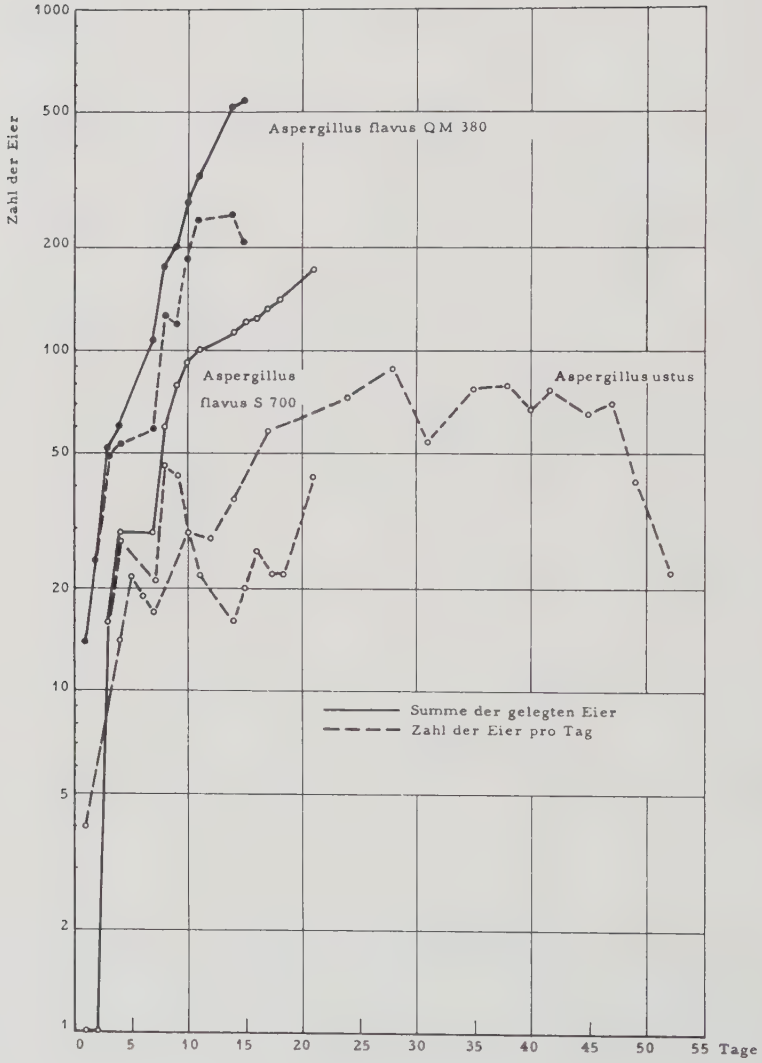


Abb. 19

Abb. 19—22. *Entomobrya marginata* — Zahl der pro Tag vorhandenen Eier und Summe der gelegten Eier in Kulturen verschiedener Schimmelpilze bis zum völligen Verzehr von Pilzmycel und -sporen

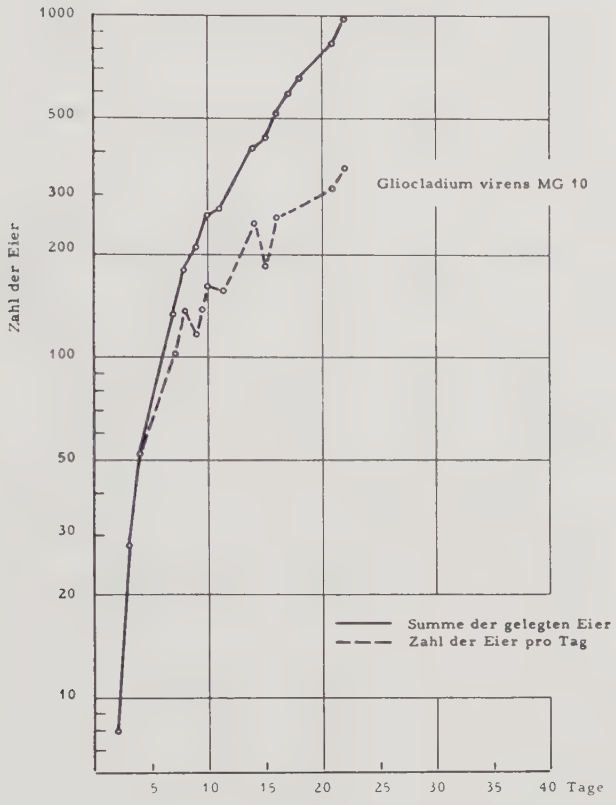

1000
500
300
200
100
50
30
20
10
Zahl der Eier
Gliocladium virens MG 10
Summe der gelegten Eier
Zahl der Eier pro Tag
5
10
15
20
25
30
35
40 Tage

Abb. 20

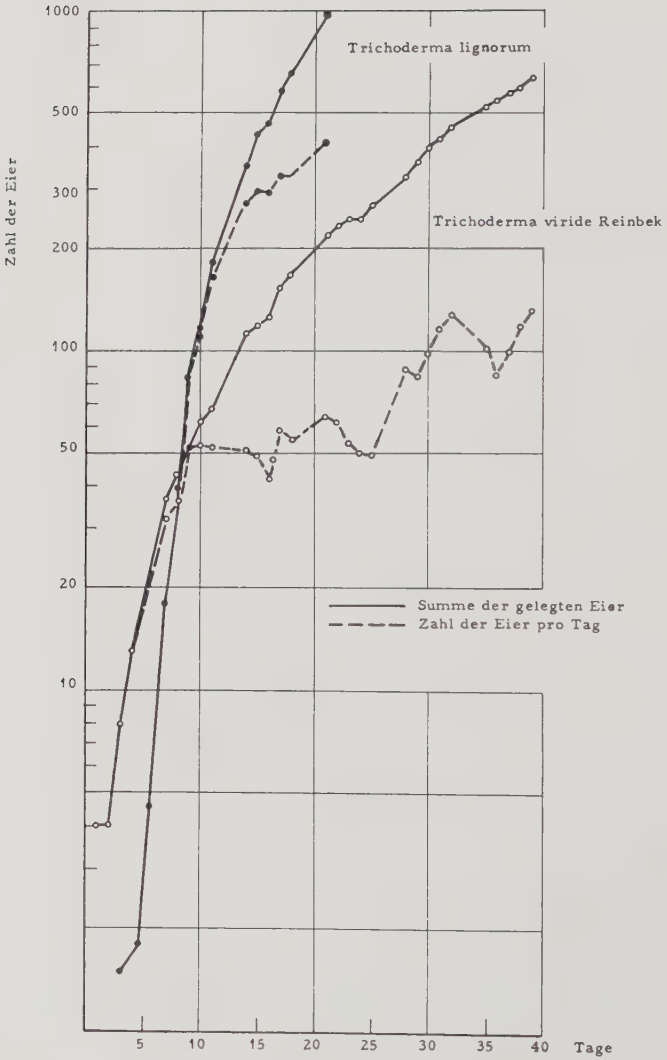

Trichoderma lignorum
Trichoderma viride Reinbek
Summe der gelegten Eier
Zahl der Eier pro Tag
Zahl der Eier
1000
500
300
200
100
50
20
10
5
10
15
20
25
30
35
40
Tage

Abb. 21

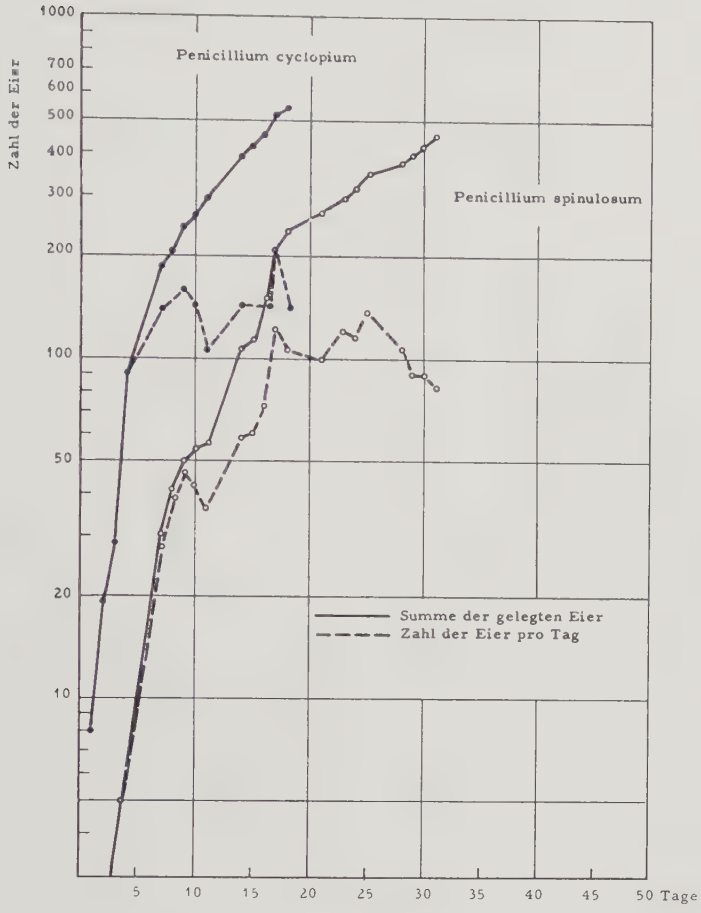


Abb. 22

und erst in den letzten Tagen ist zum Teil ein Absinken zu verzeichnen. Das gilt für *Aspergillus flavus* QM 380, *Gliocladium virens* MG 10, *Penicillium cyclopium*, *Trichoderma lignorum*, *T. viride* Reinbek. Bei *Memnoniella echinata* und *Mucor fragilis* ergeben sich relativ gleichförmige, wenig spezifische Bilder.

In den hier beschriebenen Versuchen wurden die Tiere auf 10tägiges Mycel gesetzt. Entsprechend wie bei *Porcellio* wurde auch mit *Entomobrya* die Frage geprüft, inwieweit eine Abhängigkeit im Verhalten der Tiere zum Pilz von dessen Alter besteht. Je 20—30 Collembolen wurden in Schalen mit 24 und 48 Stunden altem Pilzmycel von *Aspergillus flavus* T 14, *A. niger*, *Myrothecium verrucaria* gegeben und bei

30° C und 98 % r. Lf. gehalten. Auf Grund der Ergebnisse (Tab. 10) ist ersichtlich, daß der Faktor „Alter" großen Einfluß haben kann. Auf *Myrothecium* starben die Tiere in beiden Fällen innerhalb weniger Tage. In den Schalen mit *Aspergillus niger* konnte in denen mit 48 Stunden altem Mycel nach 88 Tagen nur 1,5 % des Tierbesatzes des jüngeren Pilzes gezählt werden. Das Mycel war in beiden Fällen nach dieser Zeit noch nicht aufgebraucht, auf dem eintägigen *A. niger* wurde aber von Beginn an stärker gefressen als auf dem älteren. Entsprechend sind die Ergebnisse für *A. flavus* T 14: geringe Vermehrung und relativ guter Fraß auf 24 Stunden altem Pilz, geringer Fraß und keine Vermehrung bei nur um einen Tag älteren Pilz. Die Befunde sind hier noch ausgeprägter als bei *Porcellio*, da im Falle der Collembolen die Schalen in den für das Pilzwachstum günstigen Bedingungen (30° C und 98 % r. Lf.) belassen werden konnten, bei den Asseln aber in einen kühleren und trockneren Raum gestellt werden mußten.

Tabelle 10

Entomobrya marginata — Zeit bis zum Kahlfraß beziehungsweise bis zum Absterben aller Tiere und Vermehrung auf verschieden alten Pilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Kahlfraß oder Tiere tot nach Tagen bei Alter des Pilzes von Stunden		Zahl der Tiere zu der entsprechenden Zeit bei Alter des Pilzes in Stunden	
		24	48	24	48
Aspergillus flavus T 14	3	88 noch Pilz da	55	73	tot
Aspergillus niger	8	88 noch Pilz da	88 noch viel Pilz da	568	9
Myrothecium verrucaria	21	3	4	tot	tot

Dieser starke Einfluß des Pilzalters ist wohl nur durch physiologische Veränderungen im Pilz, vielleicht im Zusammenhang mit der Sporulation, zu erklären. Tierfraß innerhalb der ersten 48 Stunden verzögert den Vorgang der Sporulation, weniger Konidien reifen heran. Werden die Tiere erst nach 48 Stunden zugesetzt, ist diese Entwicklung bereits so stark im Gange, daß sie nur noch unwesentlich aufzuhalten ist. Die Tiere werden mindestens abgeschreckt, wenn nicht gar geschädigt. Ein derartiger Wechsel in der Wirkungsweise wird natürlich nur bei be-

stimmten Arten und Stämmen zu beobachten sein. *Gliocladium virens* MG 40 zum Beispiel wurde von den Asseln vor und nach der Sporulation gleich gut gefressen. Andererseits kann sich die abstoßende oder toxische Wirkung eines Pilzes mit der Zeit wieder abschwächen und verlieren. So wurden auf *Aspergillus flavus* T 49 bis zum 7. Tag noch Eier abgelegt, die Tierzahl verringerte sich in der Folgezeit beträchtlich. Nach Ausbildung von wattigem Mycel fanden sich vom 44. Tage an wieder einzelne Eier, und der Fraß nahm zu. Es wurden nicht nur die weichen langen Hyphen, sondern jetzt auch die Sporen und Konidienträger mitgefressen. Etwas schwächer war Ähnliches auf *A. niger* (Abb. 16) zu beobachten. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Ergebnisse an *Porcellio* und *Oxychilus* verwiesen.

Xenylla brevicauda

Der Ansatz mit allerdings nur 12 Pilzen erfolgte in gleicher Weise wie bei der anderen Collembolenart. Die Versuche verliefen jedoch unbefriedigend. Die kurzbeinigen Tiere bewegten sich ungeschickt in dem Pilzmycel, sie verfingen sich leicht in den Hyphen und waren bei Arten mit starker Konidienbildung (zum Beispiel *Aspergillus flavus* T 14, T 49) sehr schnell völlig mit Sporen bepudert und so sehr behindert. Zusätzlich klebten sie leicht an Flüssigkeitströpfchen im Mycel.

Auf den Pilz gesetzt, suchten die Collembolen möglichst schnell im Mycelrasen zu verschwinden. Falls Fraß zu beobachten war, begann er stets von der Unterseite her, so daß die Tiere recht lange unter einer Hyphendecke geschützt (?) blieben. *Xenylla* nahm schon früh Agar an, *Entomobrya* in stärkerem Umfange erst, wenn das Mycel aufgebraucht war, wobei sich ein charakteristisches Muster ausbildete (Abb. 14).

Auf 4 Pilzen legten die Tiere Eier (Tab. 11); aber nur bei *Alternaria tenuis* und *Aspergillus flavus* QM 380 wurde auch der Pilz von ihnen verbraucht. Auf *A. flavus* S 700 und *Dactylium fusarioides* gingen die Populationen vorher ein. Auf den drei weiteren *flavus*-Stämmen starben die Tiere innerhalb weniger Tage (Pilze mit starker Konidienbildung), weder Fraß noch Häutungen waren zu bemerken. Entsprechendes gilt für *Chaetomium alba-arenulum*.

Die 4 Pilze mit Fraß und Eiablage bilden reiches, aber recht dichtes Mycel aus, so daß sich die Tiere gut fortbewegen können, und die Pilze sporulieren nicht stark.

Die Eiablage setzt im Vergleich zu *Entomobrya* bei *Xenylla* erst spät ein. Frühestens vom 10. Tag an waren Eier zu finden, und zwar auf *Aspergillus flavus* QM 380. *Entomobrya* setzt die Eier einzeln mitten in das Mycel ab (Abb. 23), *Xenylla* dagegen vorzugsweise in ganzen Ge-

Tabelle 11

Xenylla brevicauda — Fraß und Entwicklung auf verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Fraß nach einem Tag	Fraß allgemein	Häutungen	Eier	juv.	Kahlfraß nach Tagen	Zahl der Tiere
Altern. tenuis	1	+	+++++	+	+++++	+++++	47	925
Asp. flavus								
K 6	2	–	–	–	–	–	–	–
T 14	3	–	–	–	–	–	–	–
T 49	4	–	–	–	–	–	–	–
QM 380	5	+	++++(+)	+	++++	++++	86	250
S 700	6	+	++++	+	+++	+++	–	–
Asp. niger	8	+	(+)	+	–	–	–	–
Asp. ustus	9	–	+	+	–	–	–	–
Chaet. albaaren.	10	–	–	–	–	–	–	–
Chaet. glob.								
N 152	11	+	+	+	((+))	–	–	–
ATCC	12	+	+	+	((+))	–	–	–
Dact. fusarioides	13	+	+++(+)	+	+++	+++	–	–

legen auf pilzfreie oder vorher abgeweidete Stellen (Abb. 24). Für *Aspergillus flavus* S 700 und *Dactylium fusarioides* ließen sich Eier erst nach mehr als drei Wochen nachweisen. Bei *Chaetomium globosum* N 152 wurde am 28. Tag ein junges Tier beobachtet. Lediglich auf *Ch. globosum* ATCC 6205 fanden sich bereits am 2. Tag Eier, die aber nicht zur Entwicklung kamen.

Gewisse Unterschiede im Verhalten zu den Pilzen zwischen beiden Arten lassen sich zum Teil durch ihre Biologie erklären. Bemerkenswert ist aber, daß *Alternaria tenuis Xenylla* stark fördert, *Entomobrya* dagegen nicht. Für erstere Art ist dieser Pilz zunächst rein mechanisch sehr günstig. Inwieweit andere Faktoren — und vor allem welche — hier einen Einfluß haben, kann im Rahmen dieser Versuche nicht geklärt werden.

Starke Verpilzung des Substrates wird zunächst einmal durch Behinderung der Bewegungsfreiheit stören. Als Nahrung verwertbare Pilzarten können zwar verzehrt werden, wiederholt jedoch mußten freigefressene Stellen aufgegeben werden, da Luftmycel von der Umgebung her die kahlen Plätze schneller zu überwuchern begann als die Tiere wegfressen konnten.

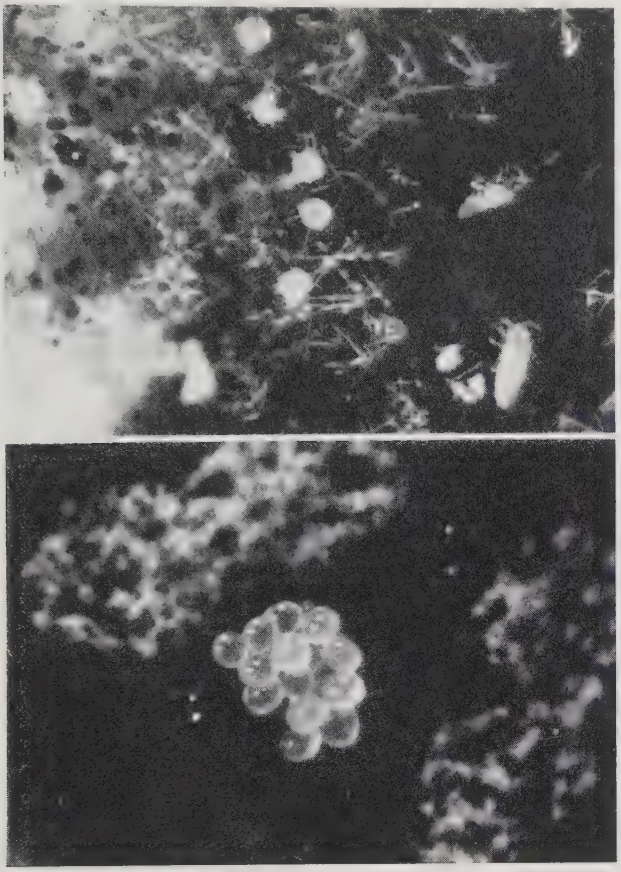


Abb. 23. *Entomobrya marginata* — Die Eier werden einzeln im Mycel abgesetzt

Abb. 24. *Xenylla brevicauda* — Gelege. Die Eier werden nur in geringem Umfang einzeln gelegt

Die Ergebnisse unterstützen die Beobachtungen aus den Termiten-Zuchträumen. Danach tritt die Art in der Folge von guten Pilzfressern auf. Sie bevorzugt vielleicht mehr durch Pilzbesiedlung verändertes und leichter angreifbares Material als den Pilz selbst. Die Tiere nahmen den Malzagar schon sehr früh und gleichzeitig mit dem Mycel an, *Entomobrya* dagegen tut dies erst, wenn der Pilz verbraucht ist, und selbst dann in wesentlich geringerem Maß. In Schalen mit *Chaetomium* siedelte sich, nachdem die *Entomobrya*-Population fast ausgestorben war, *Xenylla* an, nahm nur wenig Pilz, sondern fraß sich in den Agar ein.

3.3.6. *Blaberus craniifer*

Auf Grund der Lebensweise der Schaben werden diese Tiere wohl oft mit verschimmelten Stoffen in Berührung kommen und auch Pilze mit der Nahrung aufnehmen. Die Schaben besitzen ein Unterscheidungsvermögen für die angebotenen Pilze ähnlich dem anderer Tierarten. Toxisch wirkende Stoffe mikrobiellen Ursprungs müssen nicht unbedingt direkt auf die Tiere einwirken, sondern können über Schädigung wenn nicht gar Ausschaltung der Darmflora und -fauna und intracellulärer Symbionten wirksam werden (J. N. Liles und F. W. Fisk 1955).

Junge Tiere von *Blaberus craniifer*, eine zumindest bei der benützten Temperaturbedingung von 24° C recht ruhige Art, wurden einzeln (3 Parallelen) in Petrischalen von 10 cm ⌀ gesetzt und mit Pilzmycel und -sporen auf Filtrierpapier gefüttert. Nach 24 Stunden wurde der Fraß beurteilt (Tab. 12).

Tabelle 12

Blaberus craniifer — Fraß an verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart		Lfd. Nr.	Fraß
Aspergillus flavus	T 14	3	–
	T 49	4	–
	QM 380	5	+++(+)
	S 700	6	++++
Aspergillus niger		8	+(+)
Chaetomium globosum	N 152	11	–
Penicillium cyclopium		25	++++
Trichoderma lignorum		29	+++++
Trichoderma spec.		30	++++(+)
Trichoderma viride	T 10	31	++
	Reinbek	34	+++(+)

Von *Aspergillus flavus* wurden T 14 und T 49 nicht, die beiden anderen Stämme — QM 380, S 700 — dagegen gut gefressen. *Chaetomium* lehnten die Tiere ab, von *Aspergillus* niger nahmen sie nur wenig, etwas mehr von *Trichoderma viride* T 10. Die übrigen Pilze wurden gut gefressen.

3.3.7. *Forficula auricularia*

Viele Forficuliden ernähren sich vorwiegend von pflanzlicher Kost. Einigen Arten ist auch Pilzfraß nachgewiesen. *Chelidura acanthopygia*, ein Bewohner der Laubstreu, frißt, wie Darmuntersuchungen zeigten, Pilzhyphen (W. Kühnelt, 1950). In Hutpilzen beobachtete L. Bennick (1952) nicht ganz

selten Larven oder Imagines von *Forficula auricularia*, Verzehr von Pilzen ließ sich allerdings nicht feststellen. Nach M. Beier (1959) nimmt die Art auch Pilzsporen zu sich. Der Gemeine Ohrwurm kann bei der Übertragung von Fäulniserregern des Obstes und von Sporen verschiedener Brandpilze eine Rolle spielen. Nach Vorkommen und Lebensweise werden die Tiere immer wieder einmal mit Schimmelpilzen in Berührung kommen.

Je zwei Exemplare von *Forficula auricularia* wurden bei 18° C und 60—70 % r. Lf. in pilzbedeckte Schalen (9 cm ⌀) gesetzt. Die Tiere wurden bis zum Absterben in den Gefäßen belassen, jedoch kann die Lebensdauer bei *Forficula* nur in geringem Umfang als Kriterium für die Wirkung der Pilze verwendet werden. Diese Tierart besitzt ein großes Hungervermögen, Individuen unter den gleichen Bedingungen, aber ohne Nahrung, lebten bis zu 124, durchschnittlich 87 Tage. In einem Vorversuch waren die meisten der hier verwendeten Pilzarten bereits bei 24° C und 80 % r. Lf. geprüft worden. Da die Schalen aber zu schnell austrockneten, sind die Ansätze unter den anderen Bedingungen wiederholt worden. Das Fraßbild war in beiden Fällen etwa gleich, das Ergebnis ist also recht gesichert, die Lebensdauer dagegen weniger.

Die Mehrzahl der Pilze (19 von 29) wurden nicht sofort angenommen (Tab. 13), selbst wenn *Forficula* diese Species später gut fraß. An *Myrothecium verrucaria, Aspergillus flavus* K 6 und T 14, sowie *Chaetomium globosum* ATCC 6205 ließen sich erst nach 14 Tagen, zum Teil erst nach

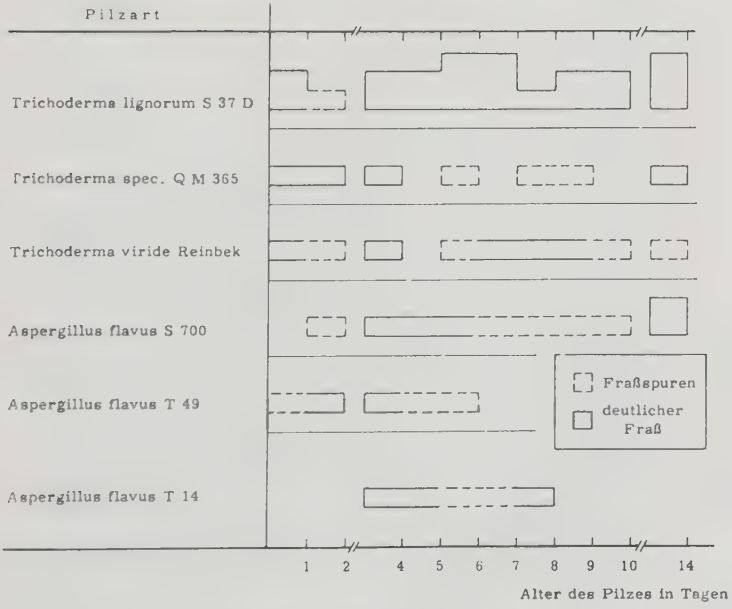


Abb. 25. *Forficula auricularia* — Fraß an verschiedenen Pilzen zunehmenden Alters

über 4 Wochen Fraßspuren nachweisen. Diese Beobachtungen lassen wohl den Schluß zu, daß *Forficula auricularia* in geringerem Maße Pilzfresser ist als etwa *Porcellio scaber, Julus* spec. und andere geprüfte Bodentiere.

Tabelle 13

Forficula auricularia — Fraß und Lebensdauer auf verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart	Lfd. Nr.	Fraß nach 1 Tag	Fraß nach Tagen	Fraß allgemein	Lebensdauer in Tagen
Alternaria tenuis	1	–	4	+++++	110
Aspergillus flavus K 6	2	–	32	(+)	68
T 14	3	–	16	(+)	68
T 49	4	+		+++	78
QM 380	5	+		+++	60
S 700	6	+		+++++	76
Aspergillus niger	8	–	8	(+)	66
Aspergillus ustus	9	–	4	++++	74
Chaetomium alba-arenulum	10	–	4	Spuren	75
Chaetomium globosum N 152	11	–	4	+(+)	89
ATCC 6205	12	–	14	(+)	?
Dactylium fusarioides	13	+		+++++	57
Gliocladium virens MG 40	15	–	2	+++++	82
Memnoniella echinata WDAC 37	16	–	4	++++	76
K	17	–	4	+(+)	78
Myrothecium verrucaria ATCC	20	+		++(+)	80
K	21	–	30	Spuren	104
Penicillium cyclopium	25	–	2	+++++	?
Penicillium expansum	26	–	4	+++	75
Penicillium funiculosum	27	–	4	++++	70
Penicillium spinulosum	28	–	8	+++++	66
Trichoderma lignorum	29	–	4	+++++	74
Trichoderma spec.	30	+		+++++	99
Trichoderma viride T 10	31	–	8	++	76
T 42	32	+		+++++	70
MG 59	33	+		+++++	102
Reinbek	34	–	4	+++++	88
Trichurus spiralis Gew. 26	35	+		++++	97
MG 31	36	+		+++	69

Bei den vergleichbaren Pilzarten bestehen zwischen *Porcellio* und *Forficula* in 4 Fällen Unterschiede. *Aspergillus ustus* und *Gliocladium virens* MG 40 werden von der Assel wenig, vom Ohrwurm gut gefressen, bei *Memnoniella echinata* K und *Trichoderma viride* T 10 liegen die Verhältnisse umgekehrt.

Die Befunde an mehreren Stämmen einer Pilzart, nämlich von *Aspergillus flavus, Memnoniella echinata* und *Trichoderma viride* sind auch bei *Forficula* deutlich voneinander verschieden. Gegenüber *Myrothecium verrucaria* wird von *Forficula* das auch für andere Tierarten kennzeichnende Verhalten eingenommen. Auf den Pilz gesetzt laufen die Tiere sehr unruhig umher, gehen dann aber schon nach kurzer Zeit an den

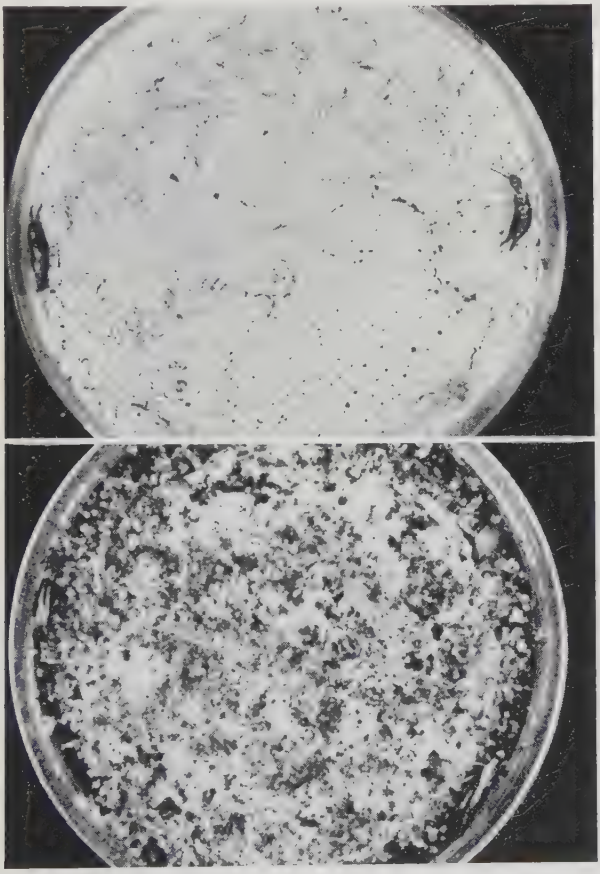


Abb. 26. *Forficula auricularia* — Auf *Myrothecium verrucaria* K verlassen die Tiere kaum den Schalenrand und fressen nur in Spuren

Abb. 27. *Forficula auricularia* — *Trichoderma viride* T 42 wird gut, wie die Kotpartikel zeigen, auf der ganzen Fläche gefressen

Schalenrand beziehungsweise die Wand. Diesen Gefäßbereich verlassen die Tiere kaum (Abb. 26), erst nach 30 Tagen sind sehr geringe Fraßspuren erkennbar, bis zum Absterben (nach 104 Tagen) wird nichts mehr von dem Pilz angenommen. In diesem Beispiel ist die fraßabschreckende Wirkung sehr offensichtlich. Jedoch starben *Deroceras, Oxychillus* und *Porcellio* auf diesem Pilz früher als auf anderen. Diese Feststellung gilt für *Forficula* nicht.

Werden an die Tiere in der schon für Porcellio beschriebenen Weise Pilze mit zunehmendem Alter verfüttert (Abb. 25), zeigt sich, daß nur *Trichoderma lignorum* gut verzehrt wird, aber doch unregelmäßiger als von der Assel. *Aspergillus flavus* T 14 und T 49 nimmt *Forficula* nur innerhalb eines kurzen Zeitraumes (vom 3. bis zum 8. bzw. vom 1. bis zum 6. Tag) an. Diese Versuche währten jeweils nur 24 Stunden. Das mag den Unterschied für *A. flavus* T 49 in den beiden Reihen (Tab. 13, Abb. 25) erklären. Stand nur dieser Pilz über einen längeren Zeitraum als einzige Nahrungsquelle zur Verfügung, wurde er doch gefressen, im kurzfristigen Experiment vom 6. Tag an allerdings nicht mehr.

Im Wahlversuch (s. *Porcellio)* waren *Trichoderma lignorum* und *T. viride* Reinbek die bevorzugt gefressenen Arten, bis zum 6. Tag wurde von den *A. flavus*-Stämmen T 49 genommen, wenn auch im Verhältnis zu *Trichoderma* nur wenig.

Nach den vorliegenden Befunden ergibt sich der Eindruck, daß *Forficula* nur ein mäßiger Pilzfresser ist, sich aber dennoch differenziert den einzelnen Pilzen gegenüber verhält.

3.3.8. *Sitophilus granarius*

Der Befall von lagerndem Getreide durch Pilze kann zu unerwünschten Veränderungen (Verfärbung und anderem), häufig zu schweren Schäden (Verlust der Keimfähigkeit) führen; zusätzlich begünstigt Pilzwachstum die Ansiedlung von tierischen Schädlingen (E. S. Hiscoocks, 1965). Umgekehrt fördert auch nur geringe Besiedlung des Lagergutes durch Insekten und andere Tiere die Pilzentwicklung beträchtlich, selbst in einiger Entfernung von den Tieren (C. M. Christensen, 1957), hauptsächtlich durch Erhöhung des Feuchtigkeitsgehaltes des Getreides infolge der tierischen Tätigkeit. Dies zeigten Untersuchungen an *Sitophilus granarius* (N. S. Agrawal et al. 1957, 1958, C. M. Christensen und A. C. Hodson, 1960). Pilzwachstum kann sich auch nachteilig für die Insekten auswirken. *Sitophilus* wird von *Aspergillus restrictus* parasitiert (N. S. Agrawal et al. 1957). Bei *Tribolium castaneum* und *T. confusum* führen einige Schimmelarten zu Entwicklungsverzögerungen und erhöhter Larvensterblichkeit, andere dagegen werden von beiden Käfern gerne gefressen, sie begünstigen die Entwicklung der Tiere (R. N. Sinha, 1966).

In eigenen Versuchen wurde die Entwicklung von *Sitophilus granarius* in Getreide, das mit verschiedenen Pilzen beimpft war, beobachtet. Die Zahl der ausschlüpfenden Käfer im Vergleich zu einer Kontrolle diente als Wertmesser.

Jeweils 30 g Weizen, die mit 6 ml Wasser angefeuchtet waren, wurden in 1/4 l Solblock-Flaschen für 30 min im Autoklaven bei 120° C und 1 Atm. sterilisiert, mit 1 ml einer Sporenaufschwemmung beimpft und für 5 Tage bei 30° C und 98 % r. Lf. aufbewahrt, so daß die Sporen gut auskeimen konnten. Die Flaschen wurden anschließend in einen Raum mit 24° C und 80 % r. Lf. gebracht und, als die meisten Pilze gute Mycelbildung zeigten, nach 14 Tagen je 5 ♂♂ und ♀♀ aus einer unter den gleichen Bedingungen gehaltenen Käferzucht zugegeben (3 Parallelen).

Die Käfer schlüpften in der Kontrolle nach 48 Tagen, bei *Penicillium spinulosum, Trichoderma viride* Reinbek und *Trichurus spiralis* Gew. 26 einen Tag früher (Tab. 14). Die anderen Pilze verzögerten teilweise den Schlüpftermin bis zu 8 Tagen gegenüber der Kontrolle, falls nicht überhaupt Vermehrung und Entwicklung unterblieben (Tab. 14). Bei den zwei Stämmen von *Myrothecium verrucaria* währte die Entwicklungszeit am längsten.

Mit kürzester Entwicklungsdauer und größter Vermehrungsrate erwies sich *Penicillium spinulosum* als der günstigste Pilz. Die Zahl der Tiere lag fast doppelt so hoch wie in der unbehandelten Probe (248 zu 125 Tieren). *Trichoderma viride* T 10 folgt mit 181 %, *Chaetomium globosum* N 152 und ATCC 6205 mit 125 bzw. 120 %. Die beiden zuletzt genannten Arten schnitten bei anderen geprüften Tieren *(Rhabditis* spec., *Porcellio, Entomobrya, Deroceras)* nicht gut ab, vielleicht infolge anderer Kulturbedingungen. Für *Penicillium funiculosum, Trichoderma viride* T 42 und Reinbek liegen die Werte gleichfalls über 100 %, für alle übrigen Pilze mindest 34 % unter der Kontrolle. In den Flaschen aller *Aspergillus*-Arten, von *Alternaria tenuis, Dactylium fusarioides, Penicillium cyclopium, P. expansum, Trichoderma viride* MG 59 und *Trichurus spiralis* MG 31 fanden sich weniger als 10 Tiere am Ende des Versuches (5 % und weniger), also eine geringere Zahl als angesetzt. Vermehrung und Entwicklung sind in diesen Fällen überhaupt unterblieben oder frühzeitig beendet worden.

Ordnet man die bei *Rhabditis* spec. erhaltenen Werte des Tierbesatzes in % der Kontrolle nach abnehmender Tierzahl, so ergibt sich eine nur durch wenige Sprünge (max. 11 %) gekennzeichnete Reihe (Tab. 3). Verfährt man entsprechend bei *Sitophilus,* erhält man ein in einzelne Gruppen gegliedertes Bild (Abb. 28) mit bis zu 56 % Abweichung voneinander, mindestens aber 15 %. Die Unterschiede sind also bei den Käfern deutlicher ausgeprägt.

Aufschlußreich ist auch hier ein Vergleich der Ergebnisse von verschiedenen Stämmen einer Pilzart (Abb. 29). Bei *Trichoderma viride* besteht zwischen T 10 und MG 59 eine Differenz von 176 %, T 42 und Reinbek haben fast den gleichen Wert. Für die beiden *Trichurus*-Stämme beträgt der Unterschied 56 %, bei *Memnoniella* 40 % und bei *Paecilo-*

Tabelle 14

Sitophilis granarius — Vermehrung auf verschiedenen Schimmelpilzen im Vergleich zur Kontrolle

Pilzart		Lfd. Nr.	Pilzwuchs zu Beginn d. Ansatzes	Schlüpf-zeit (Tage)	Zahl d. Tiere in % der Kontrolle
Alternaria tenuis		1	+++	–	2,4
Aspergillus flavus	K 6	2	+++	–	0,5
	T 14	3	+++	–	4,8
	T 49	4	+++	–	2,8
	QM 380	5	+++	–	1,6
	S 700	6	+++	–	0,0
Aspergillus niger		8	+++	–	0,2
Aspergillus ustus		9	+++	–	3,2
Chaetomium alba-arenulum		10	++	53	23,2
Chaetomium globosum	N 152	11	++	52	125,0
	ATCC 6205	12	+++	50	120,4
Dactylium fusarioides		13	+++	51	4,4
Memnoniella echinata	WDAC 37	16	++	54	26,4
	K	17	++	50	66,4
Mucor fragilis		18	+	49	59,2
Mucor spinosus		19	+	49	21,2
Myrothecium verrucaria	ATCC	20	+	56	21,6
	K	21	+	56	26,8
Paecilomyces varioti	EMPA 55	23	+++	54	28,4
	R 1115	24	+	48	51,4
Penicillium cyclopium		25	+++	–	3,4
Penicillium expansum		26	+++	–	3,2
Penicillium funiculosum		27	+++	49	124,0
Penicillium spinulosum		28	+++	47	198,8
Trichoderma lignorum		29	+++	48	36,2
Trichoderma spec.		30	++	49	57,6
Trichoderma viride	T 10	31	++	48	181,2
	T 42	32	++	48	106,0
	MG 59	33	+++	–	5,6
	Reinbek	34	++	47	105,2
Trichurus spiralis	Gew. 26	35	+++	47	57,6
	MG 31	36	+++	–	1,2
Kontrolle			–	48	100,0

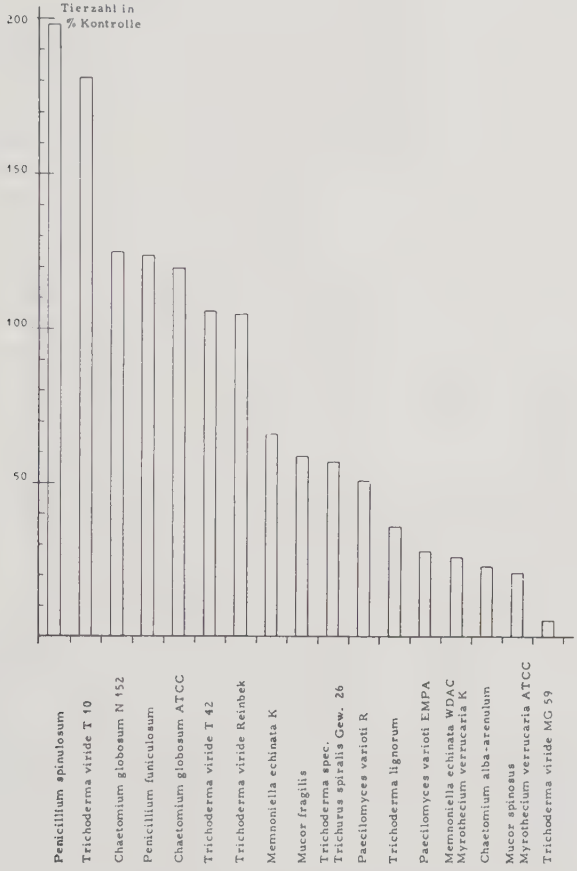


Abb. 28. *Sitophilus granarius* — Zahl der geschlüpften Käfer in % der Kontrolle für mehrere Schimmelpilze

myces 23 %. Die Zahl der geschlüpften Individuen liegt bei *Chaetomium globosum* und *Myrothecium verrucaria* nahe beisammen. Mit 122 % (n = 2) ist *Chaetomium globosum* als etwas günstiger für *Sitophilus granarius* anzusehen als *Trichoderma viride* mit 105 % (n = 4). Die Befunde zeigen aber erneut, daß für eine allgemeingültigere Aussage über einen Pilz in seiner Bedeutung für eine Tierart die Untersuchung möglichst vieler Stämme erforderlich ist.

Alle *Aspergillus*-Arten entwickelten auf dem Weizen ein sehr dichtes, sporenreiches Mycel, in dem sich die Tiere zum Teil verfingen oder an klebrigen Hyphen haften blieben. Einige Käfer konnten besonders bei den Stämmen S 700 und QM 380 von *A. flavus* nicht erst in das Getreide eindrin-

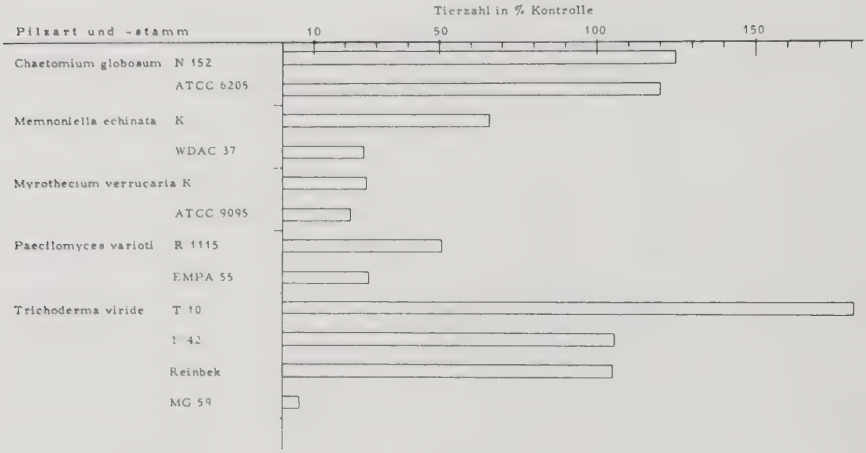


Abb. 29. *Sitophilus granarius* — Vergleich der Zahl der geschlüpften Käfer in % der Kontrolle für verschiedene Stämme einiger Pilzarten

gen, sie blieben in der dichten Myceldecke stecken. Diese beiden Stämme zeichnen sich durch geringe Sporenbildung, aber besonders reiche Myzelentwicklung aus, eine Erscheinung, die sich für Collembolen, Schnecken und andere als vorteilhaft erwies. In einem Vorversuch, der ähnlich wie oben beschrieben ausgeführt wurde (50 g Weizen, die Flaschen wurden nach dem Beimpfen nur bei 24° C und 80 % r. Lf. aufbewahrt, Mycelwachstum und Sporulation schwächer), schlüpften in der Kontrolle 250 Käfer, bei *Aspergillus flavus* T 14 immerhin 27 (10 %).

Zur Erklärung, daß die Entwicklung der Käfer in Gegenwart von Mikroorganismen unterschiedlich verläuft, können mehrere Faktoren herangezogen werden. Das Getreide wird sicherlich von den einzelnen Pilzen in anderem Umfang als Nahrung ausgenutzt. Die Konkurrenz im Nährstoffverbrauch zwischen Pilz und Käfer ist also jeweils unterschiedlich und wird zusätzlich von dem Ausmaß des Pilzwachstums abhängig sein. Das Mycel kann für die Tiere eine willkommene zusätzliche Futterquelle darstellen. Der Pilz wird dann im Wachstum begrenzt, den Käfern steht ein größerer Anteil des Getreides zur Verfügung. Lehnen die Larven den Pilz für die Ernährung ab, kann dieser sich ungestört ausbreiten, die Käferentwicklung wird noch weiter unterdrückt. Auch für andere Getreidebewohner, die Milben *Acarus siro* und *Tyrophagus putrescentiae*, ist bekannt, daß sie bestimmte Pilze bevorzugen, andere dagegen ablehnen oder nur in bedeutend geringeren Mengen fressen (D. A. Griffiths et al. 1959). Darüber hinaus wird *A. siro* auch durch Getreidepilze geschädigt. *Sporendonema sebi* und *Aspergillus restrictus* führen bei der Milbe zu erhöhter Sterblichkeit, geringer Vermehrung

und Entwicklungsverzögerung. Diese Wirkung wird entweder durch den Pilz direkt oder durch Veränderungen am Korn herbeigeführt (M. E. Solomon et al. 1964).

Wenn Mycel nur in geringem Maße ausgebildet ist, die Tiere also über das Korn zum größten Teil allein verfügen können, dennoch die Zahl der Nachkommen gering ist, kann das Vorhandensein von toxischen Stoffen angenommen werden beziehungsweise das Getreide ist auch durch geringen Pilzangriff nachteilig verändert worden *(Myrothecium verrucaria, Mucor spinosus).* Toxine — in den Pilzhyphen oder in die Körner abgegeben — werden auch bei anderen Pilzen, wie den *Aspergillus*-Arten, *Alternaria, Dactylium* und anderen mit eine Rolle spielen. Ausmaß der Mycelbildung und Zahl der sich entwickelnden Tiere stehen in keinem direkten Zusammenhang. Wir können wohl mit dem Zusammenwirken mehrerer Komponenten rechnen. Toxische Produkte des Pilzes brauchen nicht nur direkt auf den Organismus einzuwirken, sie können über die Ausschaltung von intracellulären Symbionten und der Darmflora und -fauna zu schweren Schädigungen und erhöhter Sterblichkeit der Tiere führen, wie es auch für Schaben angenommen wird (J. N. Liles und P. W. Fisk 1955). Erhielt *Sitophilus granarius* mit verschiedenen Antibiotika getränktes Getreide, starben die Käfer in Abhängigkeit von der Konzentration bis zu 100 % (E. A. Steinhaus und C. R. Bell 1953, R. K. De 1955).

Die Liste der von R. N. Sinha (1966) für *Tenebrio*-Entwicklung verwendeten Pilze enthält einige Arten, die auch in diesen Untersuchungen benutzt wurden. Danach starben die Larven von *T. castaneum* und *T. confusum* auf *Aspergillus flavus, A. niger, Penicillium cyclopium, P. funiculosum* und *Trichoderma viride* ab, *T. confusum* entwickelte sich noch zu einem geringen Prozentsatz auf *Alternaria tenuis. Sitophilus* vermehrte sich ebenfalls nicht auf *Aspergillus flavus, A. niger* und *Penicillium cyclopium,* aber auch nicht auf *Alternaria tenuis,* dagegen sehr gut auf *Penicillium funiculosum* und auf 3 Stämmen von *Trichoderma viride,* nur auf einem Stamm dieser Art nicht. Bei einem derartigen Vergleich müssen wiederum die bereits oben angeführten Einschränkungen geltend gemacht werden, daß mit Unterschieden der Stämme zu rechnen ist.

3.3.9. *Drosophila melanogaster*

Viele Dipteren entwickeln sich in der Erde (von 44 Familien allein 27 [Brauns zit. in W. Dunger, 1964]) oder anderen an Mikroorganismen reichen Substraten, wie etwa Dung (Scatopsidae, Lycoriidae). Bodendüngung kann über Beeinflussung der Mikroflora auch die Dipterenlarven entsprechend wie andere Bodentiere fördern (H. Franz, 1953). Die Pilzmücken (Mycetophilidae) und Vertreter anderer Familien entwickeln sich ausschließlich in Pilzen (Basidiomyceten). Holzige Pilzarten (*Fomes* und andere) werden nur in geringer Zahl bewohnt (I. Eisfelder, 1956, 1957, L. Bennick, 1957). *Epidapus atomarius* lebt in weitgehend durch Pilze verrottetem richtigen Holz (G. Becker, 1951 b).

Bei der Zucht von *Drosophila* ist in den Gefäßen oft Schimmelbildung zu beobachten, der Pilzwuchs läßt sich aber durch Zusatz von Chemikalien (zum Beispiel von Nipagin) unterdrücken (M. Demerec, 1950). Trobischer (zit. in M. Demerec, 1950) berichtet, daß *Penicillium* mit einer Hefe vergesellschaftet zum Absterben der Imagines führte, wenn sie vom Pilz fraßen. Pilzentwicklung erfolgt oft in dem Zeitraum, in dem sich der größte Teil der Larven verpuppt und nicht mehr den Nährboden durchwühlt. Daraus kann erhöhte Puppensterblichkeit resultieren (H. W. Neunes, 1962). Auch unter Freilandbedingungen dürfte *Drosophila* häufig mit Mikroorganismen in Berührung kommen. So konnten in Kalifornien von den Futterstellen der Fliegen und den Tieren selbst verschiedene Hefen isoliert werden (A. M. El Tabey Shehata, 1955).

Nicht nur das Tier kann durch den Pilz eine etwaige Schädigung erfahren; die umgekehrte Beziehung besteht auch. Einige Gallmückenlarven (zum Beispiel *Mikiola fagi*) scheiden Stoffe aus, die das Wachstum von Pilzen *(Alternaria)* hemmen (D. Godan, 1966).

Zur Untersuchung der Frage, welchen Einfluß Schimmelpilze auf die Entwicklung von Dipteren haben können, wurde *Drosophila melanogaster* in Gegenwart von Pilzen gezüchtet.

Drosophila (Stamm Berlin „wild") wurde auf einem Nährboden mit 1 % Agar, 10 % Weizenvollkornmehl und 6,6 % Sirup in 300 ml Weithalskolben gezogen. Die Gefäße wurden mit 120 ml Brei für 30 min bei 120° C und 1 Atm. im Autoklaven sterilisiert, mit 1 ml Sporensuspension beimpft und in den Zuchtraum mit 24° C und 80 % r. Lf. gestellt. Nach 24 Stunden wurden in jeden Kolben 3 sterile Tüten aus Filtrierpapier gesteckt (für die sich verpuppenden Larven) und je 5 ♂♂ und 5 ♀♀ angesetzt (3 Parallelen). Nach 15 Tagen wurden die Tiere (Imagines, Puppen) abgetötet und ausgezählt.

In Kolben, zum gleichen Zeitpunkt, in dem die Fliegen angesetzt wurden, mit der Sporenaufschwemmung beimpft oder erst einen Tag später, wuchsen die Pilze schwächer, als wenn der Pilz 24 Stunden Vorsprung erhielt, zum Teil gar nicht. Dies ist wohl auf das Umherkriechen der Larven zurückzuführen, das Sporenkeimung und Mycelausbreitung verhinderte. Die Nachkommenschaft war in diesen Fällen zahlenmäßig etwa gleich und nicht von den Kontrollen zu unterscheiden, selbst bei Pilzen, die, wenn sie ungestört auswachsen konnten, eine Vermehrung von *Drosophila* unterdrückten.

Wurde in der anfangs beschriebenen Weise vorgegangen, entwickelten sich die Pilze gut, teilweise bildeten sie aber auf dem Nährboden nur einen krustenartigen Belag aus. Nach Abbruch der Versuche waren Mycel oder Kruste oft völlig mit dem Nährboden durch die Tätigkeit der Larven vermischt. Lediglich bei *Penicillium cyclopium* und *P. spinulosum* gelang das nur unvollständig. In der Zeit, in der die meisten Tiere verpuppt waren, wuchsen die beiden Pilze noch etwas weiter. Für eine Beurteilung der Ergebnisse wurden die erhaltenen Werte für Imagines und Puppen und die Summe beider Zahlen für jeden Pilz in Prozent der entsprechenden Kontrollergebnisse ausgedrückt, zusätzlich der Anteil der geschlüpften Fliegen und der noch verpuppten an der Gesamtzahl von Individuen des betreffenden Pilzes ermittelt (Tab. 15, Abb. 30).

Auf *Aspergillus flavus* T 14 und T 49, *A. niger, Gliocladium virens, Trichoderma* spec. und *T. viride* Reinbek unterblieb die Vermehrung

Tabelle 15

Drosophila melanogaster — Vermehrung auf verschiedenen Schimmelpilzen

Pilzart		Lfd. Nr.	Pilzzustand[a]	Anzahl in % der Gesamtzahl an		Anzahl in % der Kontrolle an		gesamt
				Imagines	Puppen	Imagines	Puppen	
Alt. tenuis		1	S	21,1	78,9	11,1	155,1	41,5
Asp. flavus	T 14	3	S	–	–	–	–	–
	T 49	4	K, S	–	–	–	–	–
	QM 380	5	K	75,6	24,4	100,6	120,9	104,9
	S 700	6	K	74,6	25,4	84,2	119,2	91,6
Asp. niger		8	S	–	–	–	–	–
Asp. ustus		9	K, S	52,6	47,4	37,0	125,0	55,5
Chaet. alba-aren.		10	S	52,9	47,1	3,4	11,4	5,1
Chaet. glob.	N 152	11	S	54,6	45,4	45,9	143,1	66,4
Dact. fusarioides		13	S	76,4	23,6	33,4	30,1	34,5
Glioc. vir.	MG 10	14	S	–	–	–	–	–
	MG 40	15	S	–	–	–	–	–
Mem. echinata	WDAC	16	S	85,5	14,5	87,2	55,4	80,5
	K	17	K	82,3	17,7	103,2	93,6	99,1
Mucor fragilis		18	K	75,1	24,9	97,4	120,9	102,4
Mucor spinosus		19	S	59,0	41,0	29,8	77,2	39,8
Myr. verruc.	ATCC	20	K	79,3	20,7	86,4	85,0	86,2
	K	21	S	–	100,0	–	1,1	0,2
Paec. variot.	EMPA	23	K	42,9	57,1	34,1	170,0	62,7
	R	24	K	79,3	20,7	82,4	126,1	91,6
Pen. cyclopium		25	S	64,9	35,1	80,9	164,3	98,5
Pen. expansum		26	S	22,9	77,1	26,9	330,1	92,7
Pen. funiculosum		27	K	53,1	46,9	82,3	271,5	122,1
Pen. spinulosum		28	S	79,8	20,2	33,0	36,2	37,6
Trichod. lignorum		29	K	33,6	66,3	30,4	224,6	71,4
Trichod. spec.		30	S	–	–	–	–	–
Trichod. vir.	Rein.	34	S	–	–	–	–	–
Trichur. spir.	Gew.	35	K	49,2	50,8	8,9	34,7	14,4

a) S = Mycel und Sporen.
K = Pilz wächst krustenartig, keine Sporulation.

völlig, bei *Myrothecium verrucaria* K verpuppten sich insgesamt nur 4 Larven, aus denen aber keine Imagines schlüpften. Bei diesen Pilzen legten die Fliegen viele Eier an der Gefäßwand ab, offensichtlich nur wenige auf dem Pilz. Nach spätestens 9 Tagen waren die eingesetzten Fliegen abgestorben und verpilzt. Im Falle von *Myrothecium verrucaria* K war zu beobachten, daß sich die Tiere bevorzugt im oberen Kolbendrittel aufhielten und nur selten im unteren Teil. Dieses Verhalten stimmte mit dem anderer untersuchter Tiere gegenüber dem Pilz überein.

Ein geringer Bestand von weniger als 20 % der Kontrolle gelangte auf *Chaetomium alba-arenulum* und *Trichurus spiralis* zur Entwicklung. Unter 50 %, zwischen 34 und 41 %, liegen die Werte für *Dactylium fusarioides, Penicillium spinulosum, Alternaria tenuis* und *Mucor spinosus.*

Die höchsten Individuenzahlen erreichten *Penicillium funiculosum* (672 Ex.), *Aspergillus flavus* QM 380 (577 Ex.), *Mucor fragilis, Memnoniella echinata* K, *Penicillium cyclopium* und *P. expansum, Paecilomyces varioti* R 1115 und *Aspergillus flavus* S 700 mit 91—122 % der Kontrolle. Die übrigen Arten nehmen eine Mittelstellung ein.

Es ist jedoch erforderlich, noch etwas mehr zu differenzieren. Einzelne Pilze sind durch einen hohen Anteil von Puppen an der Gesamtzahl der Individuen (über 50 %) gekennzeichnet. Es sind dies *Alternaria tenuis,*

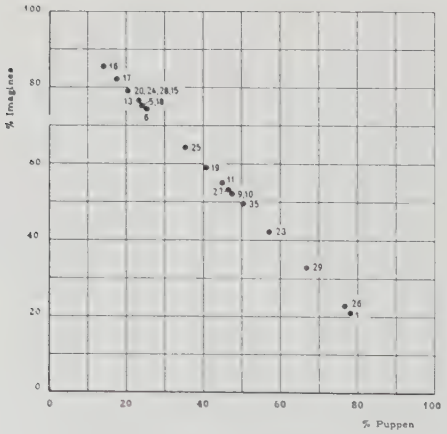


Abb. 30. *Drosophila melanogaster* — Prozentualer Anteil der Imagines und Puppen an der Gesamtzahl der Individuen für verschiedene Schimmelpilze. Die Zahlen geben die laufende Nummer der Pilze an, s. Tab. 15

Penicillium expansum und *Trichoderma lignorum*. Bei diesen Arten und weiteren mit einem Prozentsatz von Puppen zwischen 40 und 50 % kommt zu der schädigenden oder fördernden Wirkung, beurteilt nach der Tierzahl, eine weitere Komponente hinzu, die die Entwicklung der Population verzögert. Von der Zahl der Individuen her gesehen, sind *Penicillium funiculosum* und *Aspergillus flavus* QM 380 die günstigsten Pilze, von der Zahl der Imagines her die zuletzt genannte Art und *Memnoniella echinata* K (Abb. 30).

Ein Vergleich verschiedener Stämme einer Pilzart zeigt ein ähnliches Bild wie auch bei anderen Tierarten. Von *Aspergillus flavus* unterdrükken zwei Stämme die Entwicklung völlig, zwei andere fördern die Tiere. Entsprechend liegt das Ergebnis bei *Myrothecium verrucaria*. Die zwei Stämme von *Memnoniella echinata* und *Paecilomyces varioti* weisen einen Unterschied von 20 beziehungsweise 30 % auf. *Gliocladium virens* MG 10 und MG 40 ließen beide keine Vermehrung zu.

3.4 Diskussion

In den Tabellen 16 und 17 sind die Ergebnisse der Verfütterung von Pilzmycel und -sporen einschließlich der Befunde von G. Becker und W. Kerner-Gang (1964) an Termiten und die Beobachtungen über Vermehrung einiger Tiere auf verschiedenen Schimmelpilzen vergleichend angeführt. Die Symbole und Werte aus den jeweiligen Tabellen der einzelnen Tierarten sind hier durch einfache Zahlen ersetzt. Die Abstufung geht von 0 = kein Fraß beziehungsweise keine Vermehrung bis 6 = Kahlfraß beziehungsweise relativ höchste Nachkommenzahl. Daraus ist ersichtlich, daß einige Pilze in ihren Eigenschaften recht klar charakterisiert werden können. Sie sind entweder als Nahrung und für die Vermehrung der Tiere günstig *(Penicillium cyclopium, P. funiculosum, P. spinulosum, Trichoderma lignorum)* oder sie werden nur mäßig bis gar nicht angenommen und verhindern eine Vermehrung weitgehend oder ganz *(Aspergillus flavus* T 14 und T 49, *A. niger, Chaetomium, Myrothecium verrucaria)*. Daneben gibt es Arten, die zwar gut gefressen werden, die aber nur zu geringer Nachkommenschaft führen *(Mucor, Paecilomyces varioti* EMPA 55, *Aspergillus flavus* S 700 und QM 380), eine Feststellung, die auch G. Müller und R. Beyer (1965) mit Collenbolen gelang. Von dieser Regel sind immer wieder Ausnahmen zu verzeichnen. *Rhabditis* spec. vermehrt sich auf *Aspergillus niger* recht gut, andere Tiere dagegen nicht. Entsprechendes gilt für *Xenylla brevicauda* auf *Alternaria tenuis*. Auf *Penicillium spinulosum* erzielten *Drosophila* und *Entomobrya* nur wenige Nachkommen. *Chaetomium globosum* N 152 erwies sich für Termiten als günstig (G. Becker und W. Kerner-Gang 1964), in den vorliegenden Untersuchungen gilt das aber nur für *Sitophilus*.

Tabelle 16

Vergleich des Fraßes an verschiedenen Schimmelpilzen für mehrere Tierarten (Erklärung s. S. 371)

Pilzart		Lfd. Nr.	*Rhabditis* spec.	*Deroceras agreste*	*Oxychilus draparnaudi*	*Porcellio scaber*	*Julus* spec.	*Blaberus craniifer*	*Forficula auricularia*	*Heterotermes indicola*	*Nasutitermes ephratae*
Alt. tenuis		1	3	4	4	5	0		6		
Asp. flavus	K 6	2					5		1		
	T 14	3	1	1	3	1	1	0	1	0	0
	T 49	4	1				1	0			
	QM 380	5	3	6	6	6	6	5	4	4	4
	S 700	6	3	4			6	5	6	4	1
	IMI	7	2								
Asp. niger		8	1	1	2	1	1	3	1	0	0
Asp. ustus		9	4	1	3	3	3		5		
Chaet. alba-arenulum		10	2	(1)	2	(1)	2		(1)		
Chaet. globosum	N	11	2	(1)	2	(1)	0	0	3	4	4
	ATCC	12					1		1	2	2
Dact. fusarioides		13	2	2	3	6	0		6		
Glioc. virens	MG 10	14	4	0	0	6					
	MG 40	15	4	0		3			6		
Mem. echinata	WDAC	16	3				0		5		
	K	17	2	2	4	6	2		3		
Mucor fragilis		18	4	6	6	6	6				
Mucor spinosus		19	4	6	6	6	6				
Myr. verruc.	ATCC	20					1		4	2	0
	K	21		0	0	0	0		(1)		
Paec. varioti	EMPA	23	3	5	6	6	6				
	R	24					6				
Penic. cyclopium		25	2	6	6	6	6	5	6	4	4
Penic. expansum		26	4				2		4		
Penic. funiculosum		27	4	3	6	5	3		5		
Penic. spinulosum		28	4	6	5	6	0		6	4	1
Trichod. lignorum		29	4	5	4	6	5	6	6	0	0
Trichod. spec.		30	1	3	6	4	2	6	6	0	0
Trichod. viride	T 10	31	4	1	4	6	3	3	3	0	0
	T 42	32	4				2		6		
	MG 59	33	2				3		6		
	Reinbek	34	4	3	2	6	5	5	6	0	3
Trichur. spiralis	Gew.	35	2	4	4	5	6		5		
	MG	36					5		4		

Tabelle 17

Vergleich der Vermehrung auf verschiedenen Schimmelpilzen für mehrere Tierarten (Erklärung s. S. 371)

Pilzart	Nr. Lfd.	*Rhabditis* spec.	*Entomobrya marginata*	*Xenylla brevicauda*	*Sitophilus granarius*	*Drosophila melanogaster*
Altern. tenuis	1	2	1	6	0	3
Asperg. flavus K 6	2			0	0	
T 14	3	1	0	0	0	0
T 49	4	2	0	0	0	0
QM 380	5	2	5	6	0	1
S 700	6	2	2	5	0	5
IMI	7	1				
Asperg. niger	8	3	0	1	0	0
Asperg. ustus	9	2	2	2	0	3
Chaet. alba-aren.	10	2	0	0	1	1
Chaet. globosum N 152	11	2	0	2	3	4
ATCC	12		0	2	3	
Dactyl. fusarioides	13	1	3	5	0	2
Glioc. virens MG 10	14	2	5			0
MG 40	15	3	0			0
Memnon. echinata						
WDAC 37	16	3	2		1	5
K	17	2	2		2	5
Mucor fragilis	18	3	2		2	6
Mucor spinosus	19	2	3		1	2
Myroth. verruc. ATCC	20		0		1	5
K	21		0		1	0
Holl.	22		0			
Paeccil. varioti EMPA	23	1	2		1	4
R	24		5		2	5
Penic. cyclopium	25	2	5		0	5
Penic. expansum	26	2	1		0	5
Penic. funiculosum	27	3	6		3	6
Penic. spinulosum	28	4	1		4	2
Trichod. lignorum	29	3	6		1	4
Trichod. spec.	30		2		2	0
Trichod. viride T 10	31	3			4	
T 42	22	4	4		3	
MG 59	33	1			0	
Reinbek	34	3	2		3	0
Trichur. spiralis Gew. 26	35	2	3		2	1
MG 31	36		4		0	

Biologisch am interessantesten sind jedoch die Pilze mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen, über die eine eindeutige Aussage nicht möglich ist. Dazu gehören alle *Trichoderma viride*-Stämme, *T.* spec., *Dactylium fusarioides* und *Gliocladium virens*. Möglicherweise enthalten diese Pilze Stoffe, die nur für einen begrenzten Kreis von Tieren verträglich sind. Solche fehlen den Pilzen, die von der Mehrzahl der Tiere angenommen werden, weitgehend oder sie sind nur in geringer Konzentration vorhanden. Die Formen, die fast einheitlich gemieden werden und die Entwicklung hemmen, besitzen entweder die entsprechenden Verbindungen in großer Menge oder eine Vielzahl derartiger abschreckender Stoffe, eine Annahme, die, wie die Ergebnisse an *Aspergillus niger* zeigen, durchaus zulässig ist. Von *Aspergillus flavus* sind mehrere Toxime bekannt (B. J. Wilson 1966). Je geringer die Zahl dieser Verbindungen ist, um so größer ist die Schar der Tiere, die den Pilz vertragen. In diesem Zusammenhang sei auf den Fall von *Gliocladium virens* verwiesen. Beide Schnecken wurden von dem Pilz sofort abgeschreckt. *Porcellio* fraß ihn dagegen sehr gut. Auch die Fauna von Basidiomyceten zeigt große Unterschiede, einige Arten werden von den Tieren weitgehend gemieden, andere bevorzugt (L. Bennick 1952). Selbst die für den Menschen giftigen Formen werden von bestimmten Tieren ohne weiteres besiedelt. Derartige Unterschiede können auf die jeweiligen pilzlichen Inhaltsstoffe zurückgeführt werden (I. Eisfelder 1960), darüber hinaus ist die Biologie der Tiere zu berücksichtigen.

Wichtig wäre die Feststellung, inwieweit hier gewonnene Ergebnisse aus den Versuchen, die mehr oder weniger nur Modellcharakter tragen, für natürliche Verhältnisse gewisse Aussagen gestatten. Ganz allgemein konnte festgestellt werden, daß die Gesamtheit der Schimmelpilze eine sehr unterschiedlich zu bewertende Nahrungsquelle für Tiere ist. Zwischen den einzelnen Arten und vielfach zwischen den Stämmen einer Art bestehen große Abweichungen in ihrer Wirkung auf die Tiere. Darüber hinaus sind noch andere Faktoren von Einfluß, unter anderem das Alter des Pilzes, auf welchem Substrat der Schimmel wächst, ob er Sporen ausbildet oder nicht. Letzteres ist besonders im Hinblick auf eine mögliche Toxinbildung von Bedeutung.

Das physiologische Verhalten der Pilze wird auch von Temperatur und Luftfeuchtigkeit (J. T. Bonner 1948, V. G. Lilly und H. L. Barnett 1951) und anderen Umweltfaktoren in sehr mannigfaltiger Weise beeinflußt. Daher können die Untersuchungen mehrerer Autoren zu durchaus unterschiedlichen Aussagen führen. Diese Feststellung dürfte sowohl für künstliche Verhältnisse als auch für Freilandbedingungen gelten.

Fortsetzung in Heft 4/1968

(Aus der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin-Dahlem,
Fachgruppe „Biologische Materialprüfung“,
und dem Institut für Angewandte Zoologie der Freien Universität Berlin)

Zur Wirkung von Schimmelpilzen auf verschiedene Tierarten

2. Teil

Von Michael Lenz

(Mit 18 Abbildungen)

3.5. Ergebnisse der Versuche mit Kulturfiltraten und Pilzextrakten

Bei der Verfütterung von Pilzmycel und -sporen wird die fördernde oder schädigende Wirkung, die der Pilz durch Ausscheidung von Stoffwechselprodukten in die Umgebung auf diese ausübt, nicht erfaßt. So können nicht nur die Hyphen und Sporen Toxine enthalten, derartige Stoffe werden neben anderen von dem Pilz in das Substrat, auf dem er wächst, abgegeben. Um diese „Fernwirkung“ der Pilze besser zu erfassen, wurden Filtrate von Pilzkulturen mit einigen Tieren geprüft. Zur näheren Charakterisierung möglicher Endo- und Exotoxine wurden zusätzlich Extrakte aus Pilzen und Kulturfiltraten hergestellt.

Die Pilze wurden gleichfalls bei 30° C und 98 % r. Lf., aber in flüssiger Kultur, und zwar in Czapek-Dox-Lösung, gehalten (auf 1 l Wasser: 2 g $NaNO_3$, 1 g K_2HPO_4, 0,5 g $MgSO_4$, 0,5 g KCl, 0,02 g $FeSO_4$ $7H_20$, 50 g Glucose). In 300 ml Weithalskolben, die mit einem Wattestopfen verschlossen waren, standen den Pilzen 100 ml Nährlösung zur Verfügung. Die Gefäße wurden mit 1 ml Sporensuspension beimpft.

Hauptversuchstier war die Termite *Heterotermes indicola*. Durch die Untersuchungen von G. Becker und W. Kerner-Gang (1964) ist der Einfluß von Mycel und Sporen verschiedener Pilze auf das Tier bereits bekannt. Für die Wahl dieses Tieres war ferner entscheidend, daß es stets in gleichbleibend großer Zahl zur Verfügung stand.

Die Lösungen (0,2 ml) wurden auf Filtrierpapierscheibchen von 18 mm ⌀ getropft, und das getränkte Papier wurde trocken an die Termiten verfüttert. Entsprechend war die Durchführung bei Versuchen mit *Julus. Porcellio scaber* erhielt Scheibchen gleicher Größe aus dem Fallaub von Linden. Papier und Laub wurden vorher bei 40° C getrocknet, anschließend für mehrere Tage im Exsikkator aufbewahrt und dann gewogen. Nach Abbruch der Versuchsreihen (24 oder 48 Std.) wurden sie einer entsprechenden Behandlung unterzogen. Da zu befürchten war, daß sich die Lindenblätter während der Trocknung bei hoher Temperatur nachteilig für die Asseln verändern (A. Biwer, 1961), wurden Laub und Papier einheitlich bei nur 40° C gedarrt. Der Quotient aus Gewichtsänderung der Scheibchen (Anfangsgewicht der

Proben = 0, durch Auftropfen der Filtrate gewisse Gewichtszunahme, Gewichtsminderung je nach Stärke des Fraßes) und Gruppen- (50 oder 100 Termiten) beziehungsweise Einzeltier-Gewicht (1 Assel) diente als Maßstab für den Einfluß der Lösungen auf die Fraßtätigkeit und damit auf die Aktivität der Tiere.

Für Protozoen und den Oligochaeten *Nais* wurden 0,1 ml der Lösungen in Schalen von 5 cm ⌀ gegeben. Nachdem das Lösungsmittel verdunstet war, wurde mit 10 ml Kulturflüssigkeit (Erdaufkochung im Verhältnis 1 : 20 mit Wasser versetzt), also im Verhältnis 1 : 100, verdünnt.

3.5.1. Wirkung von Kulturfiltraten verschiedener Pilze zunehmenden Alters

In Abhängigkeit vom Alter werden zum Teil unterschiedliche physiologische Prozesse im Pilz ablaufen, gekennzeichnet durch die Abschnitte: Keimung — Mycelausbreitung — Sporenreife — Verfall. Jeder Phase können bestimmte Vorgänge zugeordnet werden, zumindest liegen die Maxima zu gewissen Zeitabschnitten. Das gilt auch für die Bildung toxischer Stoffe. Durch das Einwirken von Umweltfaktoren kompliziert sich das Bild weiterhin.

Das Nahrungsangebot „Pilz" ist daher nicht stets gleichwertig für den Verbraucher. Bei der Verfütterung von Mycel mit zunehmendem Alter an *Porcellio scaber* und *Forficula auricularia* zeigte sich bereits in einigen Fällen unterschiedliches Verhalten beziehungsweise Fraß, je nachdem wie alt der Pilz war. Bereits eine Differenz im Alter des Pilzes von nur 24 Stunden kann auf Fraß und Vermehrung der Tiere großen Einfluß haben *(Entomobrya marginata, Porcellio scaber).*

Kulturfiltrate von den Pilzen *Aspergillus flavus* T 14, T 49, QM 380, S 700, *A. niger, Chaetomium globosum* N 152, *Penicillium cyclopium, P. spinulosum, Trichoderma lignorum, T. spec., T. viride* T 10 und Reinbek wurden in einem Zeitraum von 1—25 Tagen (zum Teil nur bis zum 15. Tag) gewonnen, an Termiten und Asseln verfüttert und für 24 Stunden den Tieren belassen.

Heterotermes frißt reine Zellulose sehr gut, *Porcellio* dagegen nicht. Herbstlaub von Linde *(Tilia)* wurde aber gut angenommen. Die Blätter hatten allerdings im Gegensatz zum Papier den Nachteil, daß die Flüssigkeit von den Blättern nur wenig aufgesogen wurde und sie sich so nicht gleichmäßig über die Fläche verteilte.

Die Ergebnisse mit den 4 Stämmen von *Aspergillus flavus* sind für beide Tierarten recht ähnlich (Abb. 31, 32). Vom 1. zum 2. Tag findet eine starke Fraßzunahme statt, bereits einen Tag später werden die Pilze wieder so wenig angenommen wie nach 24 Stunden. Anschließend zeigen die Kurven bei *Porcellio* einen recht gleichförmigen Verlauf. *A. flavus* QM 380 ist der Stamm, dessen Filtrat am besten gefressen wird. Im Falle von *Heterotermes* ergeben sich bei den einzelnen Pilzen

Abb. 31—36. Fraß von *Heterotermes indicola* und *Porcellio scaber* an mit Kulturfiltrat verschiedener Schimmelpilze zunehmenden Alters getränkten Filtrierpapier bzw. Lindenlaubproben. *G = Gewichtszunahme der Probe durch Auftropfen der Lösung; F = Fraß; T = Tiergewicht

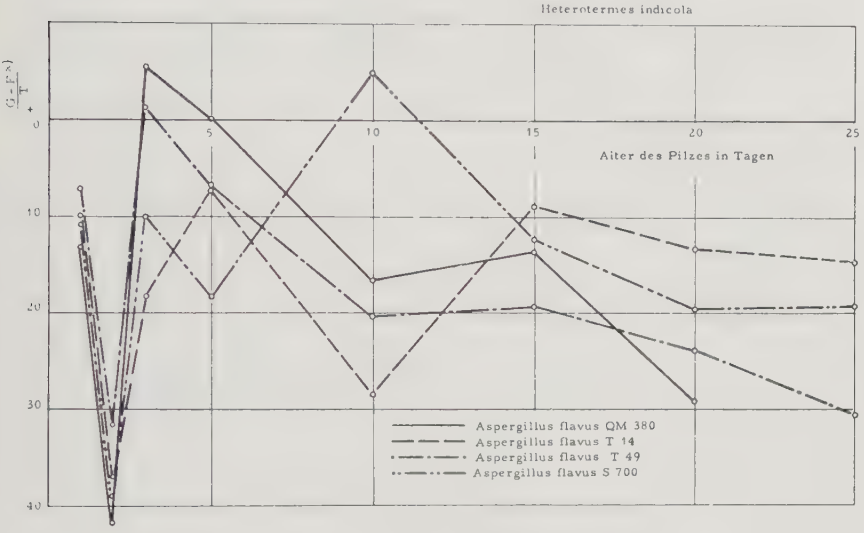


Abbildung 31

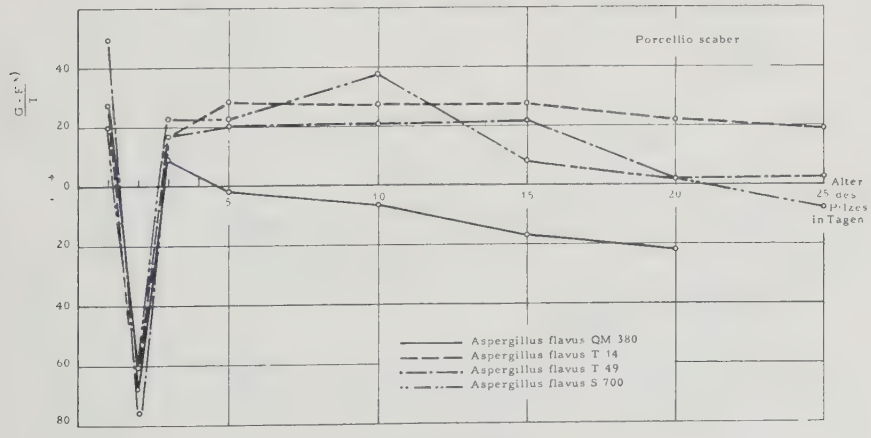


Abbildung 32

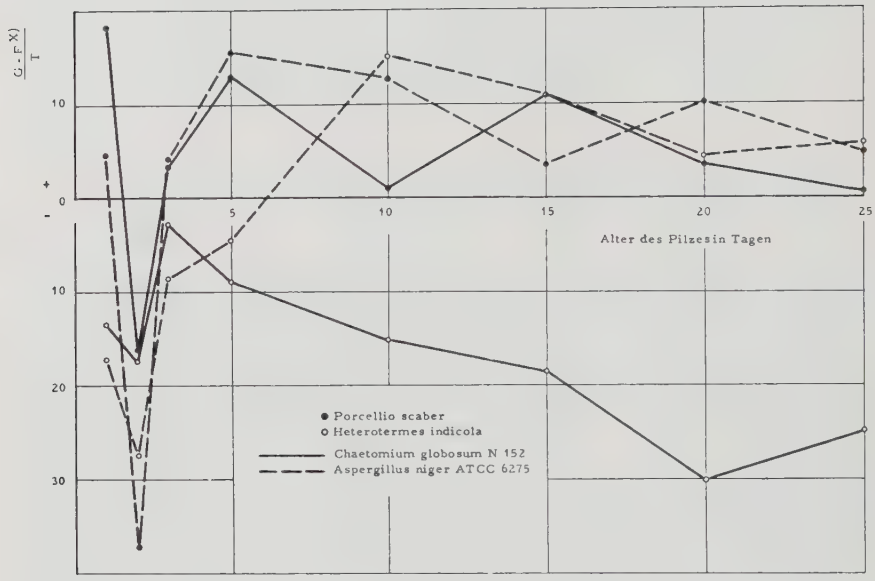


Abbildung 33

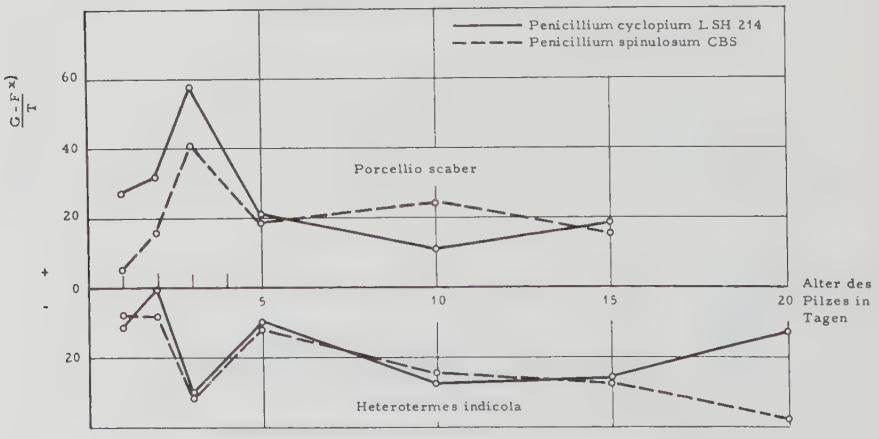


Abbildung 34

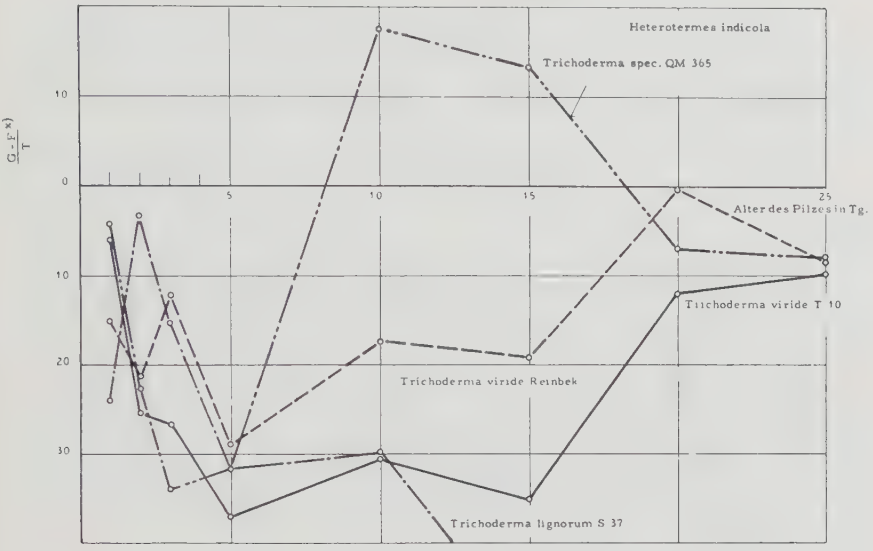


Abbildung 35

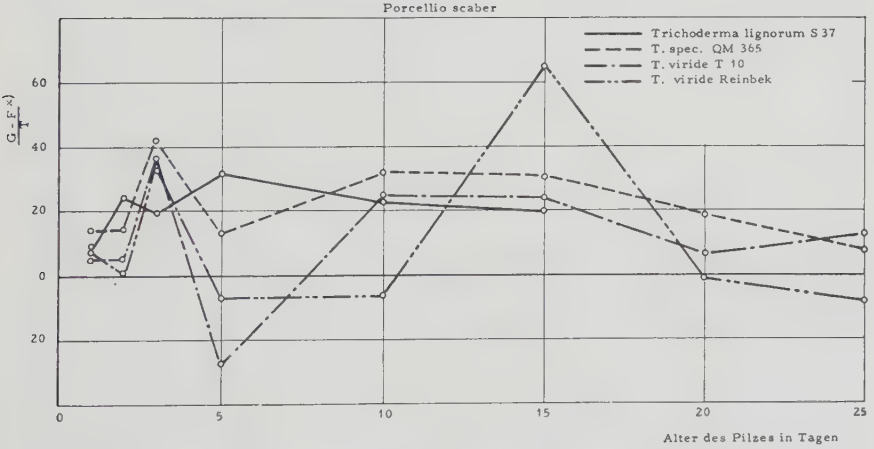


Abbildung 36

noch gewisse Schwankungen in der Fraßmenge, die Kulturfiltrate werden jedoch mit zunehmendem Alter gefressen, zum Schluß der Stamm QM 380 wieder am stärksten.

Der tiefe Einschnitt in den Kurven am 2. Tag ist sehr bemerkenswert. In Vorversuchen mit *Heterotermes indicola* und *Reticulitermes lucifugus* var. *santonensis* konnte ein ähnliches Ergebnis erzielt werden. Die starke Fraßzunahme mit anschließendem Nachlassen war jedoch erst am 3. Tag zu beobachten. Vom 1. zum 2. Tag ging der Fraß noch zurück.

Die übrigen Pilzarten ergeben ein vielfach anderes Bild. Für *Porcellio* sind die Kurven von *Aspergillus niger* und *Chaetomium globosum* denen von *A. flavus* sehr ähnlich, bei *Heterotermes* liegen sie anders (Abb. 33). Während *Chaetomium* mit zunehmendem Alter stärker gefressen wird, ist bei *Aspergillus niger* das Gegenteil zu beobachten. Vom 10. Tag an waren nach 24 Stunden viele Tiere tot, sie lagen meist unter dem Papier. Das Filtrat war für die Tiere toxisch geworden.

Penicillium (beide Arten) frißt *Porcellio* bis zum 3. Tag zunehmend weniger, danach aber wieder recht gut. Umgekehrt ist bei *Heterotermes* nach 72 Stunden der Gewichtsverlust des Papieres hoch. Bei den geprüften Tierarten zeigen die Kurven zwar einen unterschiedlichen Verlauf, die Werte für die beiden *Penicillium*-Arten liegen jedoch ähnlich (Abb. 34).

Von den 4 *Trichoderma*-Arten frißt die Termite *T. lignorum* am besten (am 2. Tag nur wenig). Die 2 *viride*-Stämme werden zwischen dem 5. und 15. Tag gut, danach nur mäßig gefressen. Beide Stämme zeigen einen etwa parallelen Verlauf. *T.* spec. lehnt die Termite zwischen dem 10. und 15. Tag ziemlich ab. Besonders vorher, aber auch nach dieser Zeit ist der Fraß besser (Abb. 35). Bei *Porcellio* sind die Kurven für *Trichoderma* durch starke Fraßunterschiede im Zeitablauf charakterisiert. Die Ergebnisse an beiden Tierarten sind kaum vegleichbar (Abb. 36).

Eine Deutung der Befunde ist schwer. Sie wäre wohl erst möglich, wenn außer dem Fraß der Tiere auch die Syntheseleistung der Pilze ermittelt würde, genauer die Konzentrationsänderungen der vom Pilz in das Kulturmedium gegebenen Stoffe. Dann ließen sich vielleicht Zusammenhänge zwischen dem Verhalten der Tiere und dem physiologischen Geschehen im Pilz ableiten. *Aspergillus flavus* und *A. niger* sporulieren in den Flüssigkeitskulturen etwa vom 3. Tag an, zu dieser Zeit ist das erste Oberflächenmycel ausgebildet. Der starke Rückgang des Fraßes am 3. Tag ist vielleicht damit zu verbinden. Die Verfütterung von ein- und zweitägigem Pilz, also ohne und mit Sporen auf Malzagar an *Porcellio* und *Entomobrya* ergab ebenfalls einen deutlichen Unterschied in bezug auf Fraß (und Lebensdauer und Vermehrung). Das Mycel mit ausgebildeten Konidien schädigte die Tiere eindeutig. Die zeitliche Ver-

schiebung in beiden Versuchsreihen ist möglicherweise auf unterschiedliche Kulturbedingungen zurückzuführen.

3.5.2. Wirkung von Extrakten verschiedener Pilze

Um die schädigende Wirkung von einigen der verwendeten Pilze, die in Versuchen der Verfütterung von Pilzmycel und -sporen oder Kulturfiltraten ersichtlich wurde, etwas besser erfassen zu können, wurden aus Mycel und Kulturfiltrat Extrakte hergestellt:

Vergleichend erhielten die Tiere:

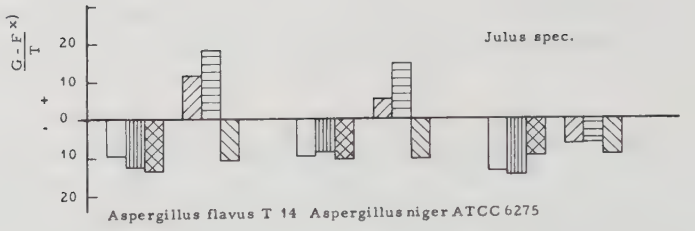
1. den Überstand eines wäßrigen Mycelhomogenates (enthält Proteine, Zukker, Amine, Stoffwechselintermediärprodukte und andere),
2. einen Alkoholextrakt aus dem Überstand des Homogenates (versetzt mit 80 %igem Methanol 1 : 4, bei 40° C unter Luftzufuhr auf das Eingangsvolumen eingeengt; die Proteine fielen aus, der Überstand wurde verwertet),
3. einen Chloroformextrakt (Gemisch Chloroform — Methanol [3 : 1] im Verhältnis 1 : 3 zum Überstand des wäßrigen Pilzhomogenates gegeben; nach kräftigem Ausschütteln enthält die Chloroformphase die Fette),
4. 5. 6. das Kulturfiltrat und die entsprechenden Extrakte 2 und 3.

Von den Lösungen wurden jeweils 0,2 ml auf Filtrierpapierscheiben an *Heterotermes* (100 Ex.) und *Julus* (1 Ex.) zum Fraß gegeben. *Nais* und die Protozoen erhielten je 0,1 ml auf 10 ml Kulturmedium (jeweils 3 Parallelen). Die Chloroformproben wurden in äquivalenten Mengen gereicht. Da bei letzteren nicht einmal eine schädigende Wirkung nachgewiesen werden konnte, ist meist auf Herstellung dieses Extraktes verzichtet worden.

Die Prüfung der Pilze *Aspergillus flavus* T 14, *A. niger* ATCC 6275, *Myrothecium verrucaria* ATCC 9095 und K, *Trichoderma* spec. QM 365 und *T. viride* Reinbek (11tägig) zeigte, daß bei den gewählten Methoden das Pilzmycel mit Sporen keine schädigende — abschreckende oder toxische — Wirkung besitzt (Abb. 37, 38), selbst bei Arten wie *A. niger* und *A. flavus*. Lediglich die Termiten, die vom wäßrigen Extrakt des Pilzes *Myrothecium verrucaria* K gefressen hatten, waren nach 48 Stunden etwas geschwächt, sie liefen sehr wacklig und unsicher umher.

Eine Beeinträchtigung der Tiere, ausgedrückt in geringem Fraß, ergab sich nur für das Kulturfiltrat beziehungsweise dessen Alkoholauszug. Entsprechende Kontrollen zeigen, daß die reine Nährlösung nicht sehr gut gefressen wird, aber doch noch besser als einige Kulturfiltrate, sie schädigte Tiere in keinem Fall.

Bei *Aspergillus niger* wird nicht nur das Filtrat kaum gefressen, darüber hinaus waren noch 39 von 100 Tieren nach 48 Stunden gestorben, die übrigen deutlich geschädigt. Die Symptome sind: dünnflüssiger Kot,



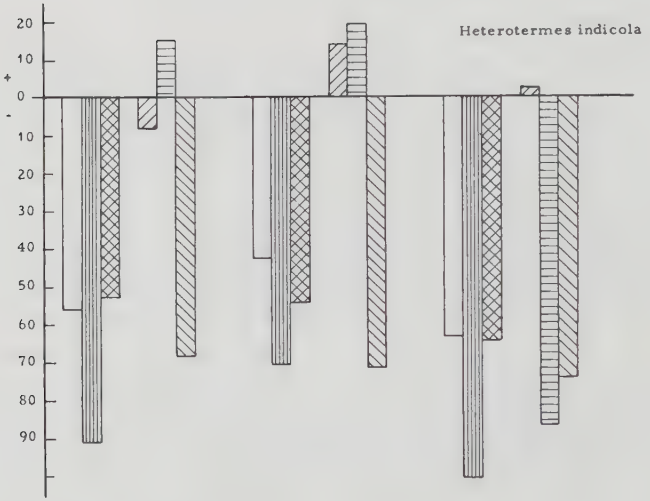
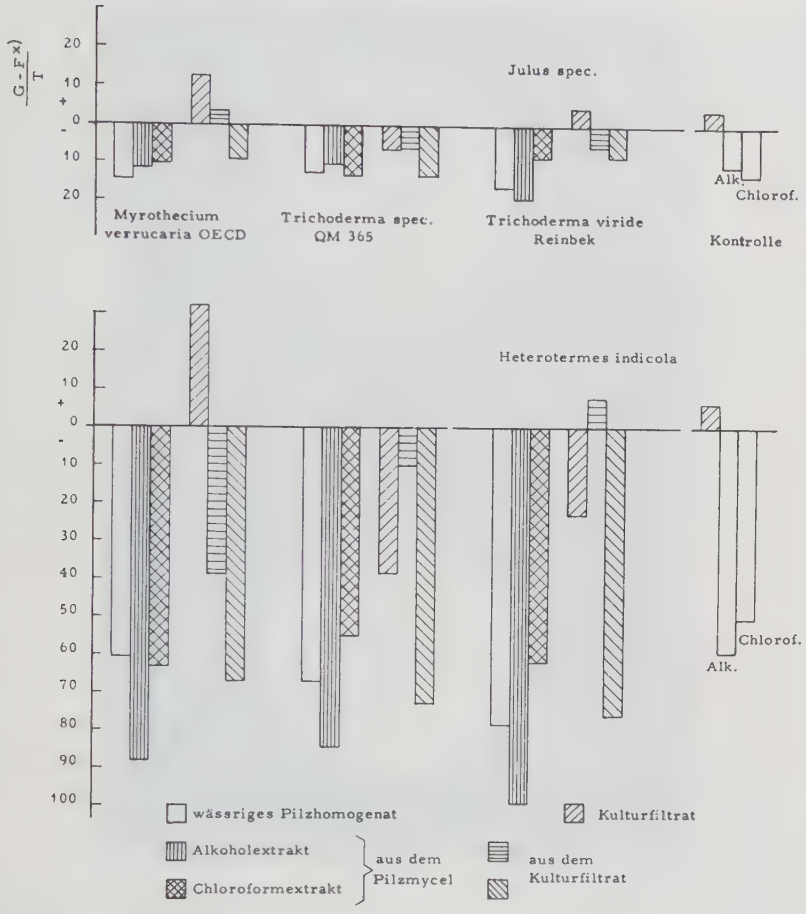


Abb. 37 und 38. Fraß von *Julus* spec. und *Heterotermes indicola* an mit Extrakten aus Pilz und Kulturfiltrat verschiedener Schimmelpilze getränkten Filtrierpapier. *s. Abb. 31

in dem die Tiere oft ankleben, zittrige Laufbewegungen, vielfach Schrumpfung des Abdomens, bei starker Schwächung liegen die Tiere auf dem Rücken, anfangs Beine und Fühler noch lebhaft bewegend, schließlich unterbleibt auch dieses. Teilweise analoge Erscheinungen beschreibt zum Beispiel K. Gösswald (1958) für durch Thiodan geschädigte *Kalotermes flavicollis*. Erhielten die noch lebenden Tiere unbehandeltes feuchtes Filtrierpapier, erholte sich keines mehr. Nach 1—2 Tagen waren alle tot. An den *Julus*-Individuen dagegen waren äußerlich keinerlei Zeichen einer Vergiftung zu merken.



Die toten Termiten lagen unter den Papierscheiben. Abb. 39 zeigt zunächst den Anblick von oben, nur wenige Tiere sind zu sehen. Wird das Papierstückchen umgedreht, liegen darunter die Tierleichen (Abb. 40). Es scheint, als ob die Termiten nicht abgeschreckt werden, sondern ohne weiteres an den Proben fressen. Der Fall dürfte aber etwas komplizierter liegen. In einer Wiederholung mit je 50 Ex., von der auch die Aufnahme stammt, wurde das Verhalten der Tiere im Vergleich zu einer Kontrolle mit reiner Czapek-Dox-Lösung beobachtet. Dabei verteilten sich die Termiten in der Kontrolle und in Schalen mit Pilzproben, in denen das Papier mit der Seite, auf die die Flüssigkeit getropft wird (Oberseite) auf dem Schalenboden lag, über die Schale und beide Seiten des Papiers. In den Gefäßen, in denen wie üblich die Blattunterseite auch zu unterst lag, sammelten sich die Tiere wieder wie schon beschrieben darunter an. Bereits nach 24 Stunden waren 40 von 50 Tieren tot, im anderen Fall jedoch nur 10, die unter der Oberseite des Blattes lagen. Die

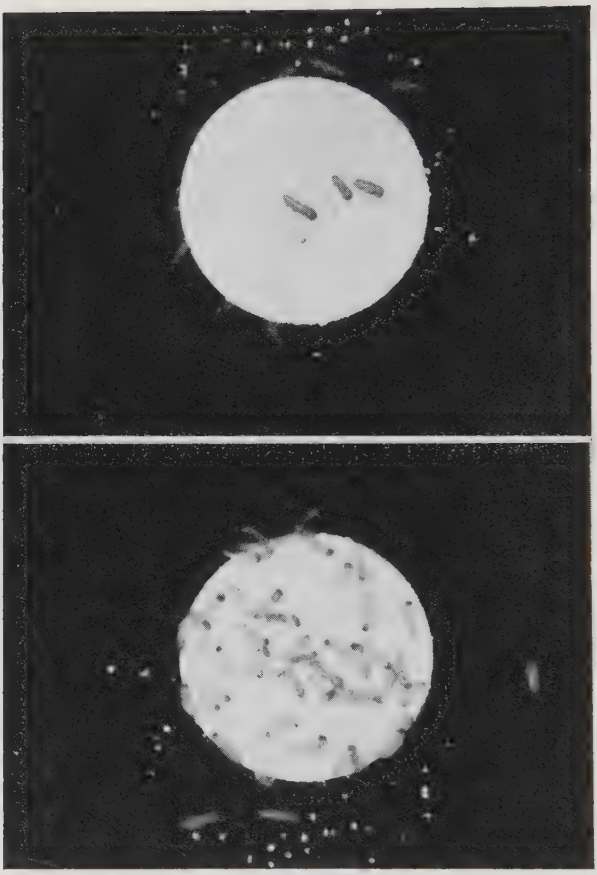


Abb. 39. *Heterotermes indicola* — Mit Kulturfiltrat von *Aspergillus niger* getränktes Papier a) von der Oberseite her

Abb. 40. b) von der Unterseite her. Fast alle toten Tiere liegen unter dem Papierscheibchen

übrigen Tiere hatten sich über die Fläche verteilt. Vielleicht spielen auch nur geringfügige Konzentrationsunterschiede zwischen beiden Blattflächen eine Rolle, oder Stoffe, die auf der Oberseite (Auftropfseite) hängen bleiben, halten die Tiere vom Fraß ab. Wenn die Tiere dann an die Unterseite gehen, genügen wohl bereits geringe Mengen des Filtrates, um sie abzutöten; sie bleiben aber bis zu ihrem Tod an Ort und Stelle. Daß die Tiere, wenn die Auftropfseite unten lag, nicht oben fraßen und dann eingingen, scheint sich wohl dadurch zu erklären, daß die Termiten allgemein die Proben bevorzugt von der Unterseite her anfressen (die Schalen waren stets mit schwarzen Tüchern umhüllt).

Wurden je 30 *Heterotermes*-Tieren (3 Parallelen) ein Brei aus 10 frischtoten Termiten und zum Vergleich einer aus 10 Leichen, die nach Verzehr des Alkoholextraktes aus dem Kulturfiltrat von *Aspergillus niger* eingegangen waren, angeboten, so waren nach 3 Tagen in beiden Fällen etwa gleichviele Tote vorhanden (Kontrolle 10, Pilzprobe 12), die übrigen Tiere jedoch in der Kontrolle wesentlich besser erhalten. Den Tieren in der Pilzprobe war das Abdomen stark geschrumpft, die Bewegungen waren sehr unsicher. Die Toxinwirkung bleibt also, wenn auch recht schwach, über den Tod der Tiere hinaus erhalten und geht noch von den Leichen aus.

Mit den gewählten Methoden wurden mögliche Endotoxine oder zumindest abschreckende Stoffe in den Pilzhyphen nicht erfaßt, sondern nur Stoffwechselprodukte, die in das Kulturmedium abgegeben werden. Damit ist aber das volle Wirkungsspektrum der Pilze noch nicht festgestellt. Die Futterversuche mit Mycel zeigten ja beispielsweise für *Myrothecium verrucaria* K, *Aspergillus flavus* T 14 und *A. niger*, daß die Tiere entweder die Pilze mehr oder weniger meiden beziehungsweise nach deren Genuß im Vergleich zu anderen Pilzen früh sterben. Da aber aus dem Kulturfiltrat relativ einfach ein toxisch wirkender Extrakt gewonnen werden konnte, galt diesem das Hauptaugenmerk.

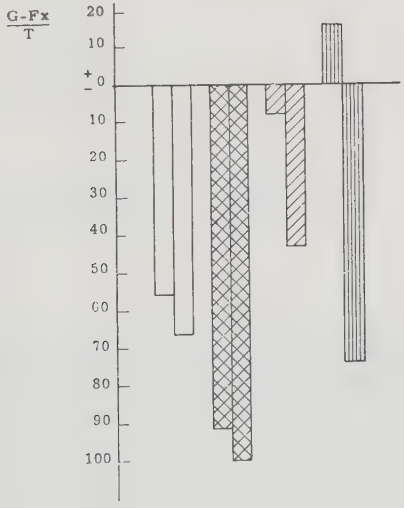


Abb. 41. *Heterotermes indicola* — Fraß bei einer 11tägigen (linke Säulen) und einer 7wöchigen (rechte Säulen) *Aspergillus flavus* T 14-Kultur (Erklärung s. Abb. 37 und 38)

Für *Aspergillus flavus* T 14 zeigt ein Vergleich zwischen einer 11tägigen und 7 Wochen alten Kultur (Abb. 41), daß die fraßabschreckende

Wirkung im Filtrat des jungen Pilzes und dem Alkoholauszug daraus in dem alten Pilzansatz nicht mehr nachzuweisen ist. Beide werden gut gefressen.

Nais und *Paramaecium* werden nur, übereinstimmend mit den Termiten, vom Kulturfiltrat oder dem entsprechenden Alkoholextrakt von *Aspergillus niger* geschädigt, das heißt innerhalb weniger bis mehrerer Minuten abgetötet (Abb. 42). In allen anderen Fällen war nach 24 Stunden keinerlei Beeinflussung im Verhalten der Tiere zu beobachten. Nach Zugabe des Alkoholextraktes aus dem Mycel von *Myrothecium verrucaria* K hatten sich bei *Paramaecium* lediglich nach einem Tag viele Individuen auf dem Schalengrund zu Cysten abgekugelt.

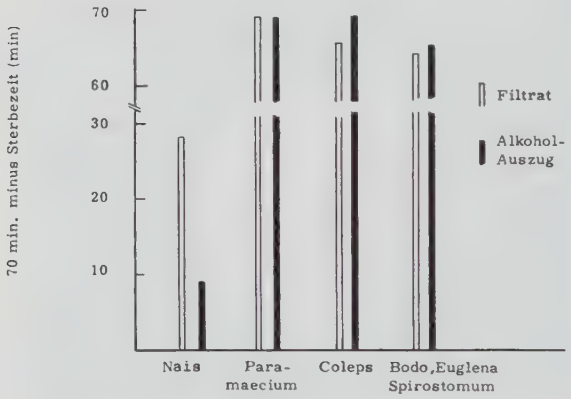


Abb. 42. — Sterbezeiten für *Nais* und einige Protozoen bei Einwirkung des Kulturfiltrates von *Aspergillus niger*

Die Toxinwirkung äußerte sich bei diesen Tieren folgendermaßen: *Nais* fängt, sowie die Tiere in den Ansatz gegeben sind, an, lebhaft zu schlängeln. Die Bewegungen werden allmählich langsamer und verkrampfen mehr und mehr, zugleich sinken die Tiere auf den Grund der Schale. Zum Schluß knicken die Tiere nur noch in der Körpermitte etwas ein. Wird *Paramaecium* einpipettiert, können die Tiere kaum noch ein Stück schwimmen, sie sinken lediglich unter langsamen Drehungen um die Körperlängsachse nach unten. Wenn sie den Boden erreicht haben, sind die meisten Exemplare bereits tot, einzelne schwimmen noch ein, zwei kleine Kreise. Unter dem Einfluß des Filtrates schwillt ihre Gestalt etwas an, viele Trichocysten sind ausgeschleudert.

Die Prüfung 5wöchiger Kulturen von *Aspergillus niger, Myrothecium verrucaria* K und *Chaetomium alba-arenulum* mit *Heterotermes* (50 Tiere), *Nais* und verschiedenen Protozoen (Mycelhomogenat, Kulturfiltrat und die jeweiligen Alkoholextrakte) ergab die in Abb. 42 und 43 ersichtlichen Ergebnisse. *A. niger*-Mycel wird von den Termiten am besten gefressen, *M. verrucaria* nur sehr wenig (letzteres besser als junge Kultur, Abb. 38). Der Alkoholauszug zeigt für alle drei Pilzarten nur geringfügige Unterschiede. Die fraßabschreckenden Stoffe, die *M. verrucaria* offensichtlich enthält, sind wohl durch das Methanol ausgeschaltet. Von den Filtraten wird das von *A. niger* am stärksten gemieden, gleichzeitig sterben 47 bzw. 49 Tiere beim Extrakt. Am besten wird noch *Chaetomium* angenommen.

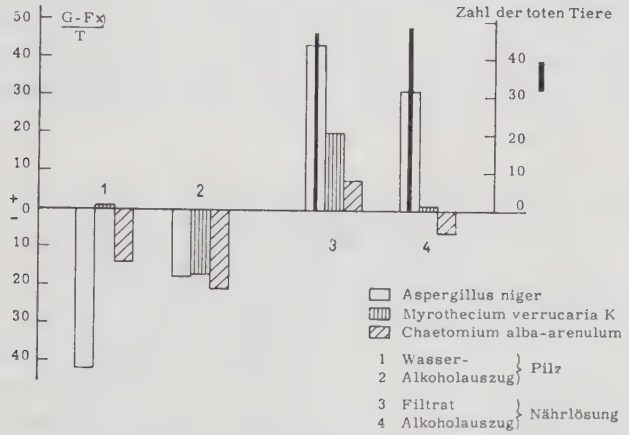


Abb. 43. *Heterotermes indicola* — Fraß bei Verfütterung von Extrakten aus 5wöchigen Pilzkulturen. *s. Abb. 31

Die Wassertiere werden nur von *A. niger*-Filtrat abgetötet. Während die drei Ciliaten *Paramaecium, Coleps* und *Spirostomum* innerhalb weniger Minuten sterben, war auffälligerweise an *Colpidium* auch nach 24 Stunden keinerlei Beeinträchtigung zu bemerken. Da für alle Tiere der gleiche Ansatz verwendet wurde, liegt hier tatsächlich ein artspezifisches Verhalten vor, beziehungsweise die Art wird, falls überhaupt, erst von höheren Konzentrationen des Toxins angegriffen. An *Spirostomum* spielen sich sehr auffällige Vorgänge ab. Zuerst verlangsamen die Tiere nur ihre Bewegung, dann quellen sie vom Hinterende her beginnend auf. Sie nehmen mehr und mehr Kugelgestalt an, bis sie schließlich platzen. Unter der Einwirkung des Toxins werden also die osmoti-

schen Verhältnisse in der Zelle empfindlich gestört, derart, daß die Zelle bis über die Grenze des Fassungsvermögens hinaus Wasser aufnimmt.

Eine bei den benützten Tieren ausschließlich auf *Heterotermes* beschränkt bleibende toxische Wirkung konnte noch dem Pilz *Gliocladium virens* MG 10 nachgewiesen werden. Der Alkoholextrakt von 11tägigem Kulturfiltrat tötete 12 Tiere (5 Parallelen), zum Vergleich der von *Aspergillus niger* 40 von 50 Tieren. Wurde der Extrakt auf das dreifache konzentriert, starben an *Gliocladium* 33 Tiere. Der Fraß war in allen Fällen gering. Ein weiterer Stamm von *Gliocladium* (MG 40) schädigte die Tiere nicht, die Termiten fraßen das Papier gut. *Paramaecium* wurde nur nach Zugabe von *A. niger*-Extrakt, nicht aber durch solchen der *Gliocladium*-Stämme getötet.

Unter natürlichen Verhältnissen wird ein Pilz oft mit anderen vergesellschaftet auftreten und nur in begrenztem Umfang reine Bestände bilden. An Erdnüssen wird häufig neben *Aspergillus flavus* auch *A. niger* beobachtet. Wird Material gleichzeitig mit einem aflatoxinbildenden *flavus*-Stamm und mit *A. niger* beimpft, kann nur wenig Toxin nachgewiesen werden, überhaupt keins, wenn *niger* einen Vorsprung von 48 Stunden hat, im umgekehrten Fall liegt die Giftkonzentration hoch

Tabelle 18

Toxinwirkung von Mischkulturen je eines von drei Pilzen mit einem toxischen Stamm von *Aspergillus niger* (11tägiges Kulturfiltrat)

Pilzart	*Heterotermes* Zahl der toten Ex. von 50 nach 48 Std.	Sterbezeit in min. für *Paramaecium*	*Spirostomum*	*Euglena*
Asp. flavus T 14	—	—	—	—
Asp. niger ATCC 6275	49	1	6	6
Glioc. virens MG 40	—	—	—	—
Myr. verruc. K	—	—	—	—
Asp. niger/A. flavus	21	1	7-8	7-8
Asp. niger/Glioc. virens	6	nach 120 min. encystiert	nach 4 Tagen tot	—
Asp. niger/Myr. verruc.	5	2	7-8	7-8
alle 4 Pilze zusammen	2	26	nach 1 Tag tot	—
Kontrolle, reine Nährlösung	—	—	—	—

(L. J. Ashworth et al. 1965). Der *A. niger*-Stamm, der sich in den eigenen Untersuchungen als toxisch erwies, wurde jeweils mit *Aspergillus flavus* T 14, *Gliocladium virens* MG 40 und *Myrothecium verrucaria* K in Kolben geimpft und einmal mit allen 3 Pilzen zusammen (je 1 ml Sporensuspension).

Für Protozoen (Tab. 18) entspricht die Wirkung der Mischkulturen mit *A. flavus* und *M. verrucaria* der des reinen *niger*-Ansatzes. Auf Termiten wirkt *flavus* mit *niger* am stärksten, *M. verrucaria* nur noch schwach. Aber mit *flavus* wird auch nicht mehr die Toxizität erreicht, die *niger* allein entwickelt. *Gliocladium* dominiert in der Kultur über *Aspergillus niger*, der dann nur in geringem Maße Sporen ausbildet. Ebenso verhält es sich im Ansatz mit allen vier Pilzen. In den Kolben mit *A. flavus* und *M. verrucaria* sporuliert nur *A. niger*. Allgemein wird die Toxinbildung in Gegenwart der anderen Pilze abgeschwächt, am stärksten durch *Gliocladium*. Die Ergebnisse mit *Myrothecium* lassen vermuten, daß *Aspergillus niger* verschiedene spezifische Toxine bildet. Termiten werden nur geringfügig geschädigt, die Protozoen aber entsprechend wie durch die Reinkultur von *A. niger*.

3.5.3. Toxinwirkung eines Stammes von *Aspergillus niger* van Tieghem

In den vorhergehenden Versuchen erwies sich *Aspergillus niger* ATCC 6275 (Holl. 2) für Termiten, Protozoen und einen Süßwasseroligochaeten als toxisch, das heißt der Pilz gibt in die Kulturlösung Toxin(e) ab. Zur näheren Charakterisierung des toxisch wirkenden Prinzips wurde das Filtrat zunächst konzentriert und dann mit Ionenaustauschern geprüft und mit Hilfe einer Sephadex-Säule fraktioniert.

Das gesamte Kulturfiltrat (etwa 80 ml von 100 ml Ansatz nach zweiwöchigem Pilzwachstum) wurde bei 40° C eingedampft, mit 15 ml absolutem Alkohol (Methanol) aufgenommen, einige Zeit stehen gelassen, zentrifugiert, wieder eingeengt, danach mit 2 ml Wasser, 2 ml Alkohol und 5 ml Chloroform aufgenommen, kräftig geschüttelt und zentrifugiert. Die Alkoholphase wurde verwertet und durch einen Kationentauscher (Dowex-50, stark sauer) und einen Anionentauscher (Merck, schwach basisch) laufen gelassen. Versuchstiere waren *Heterotermes indicola, Paramaecium, Spirostomum, Euglena* und *Nais*. Übereinstimmend schädigte alle Tiere die durch den Kationentauscher gelaufene Probe, nicht die entsprechende vom Anionentauscher. Daraus ergibt sich, daß der toxische Anteil des Filtrates keine negative Ladung trägt und positiv geladen ist. Ferner ist er alkohollöslich. Es handelt sich also um kein Protein und kein Lipoid.

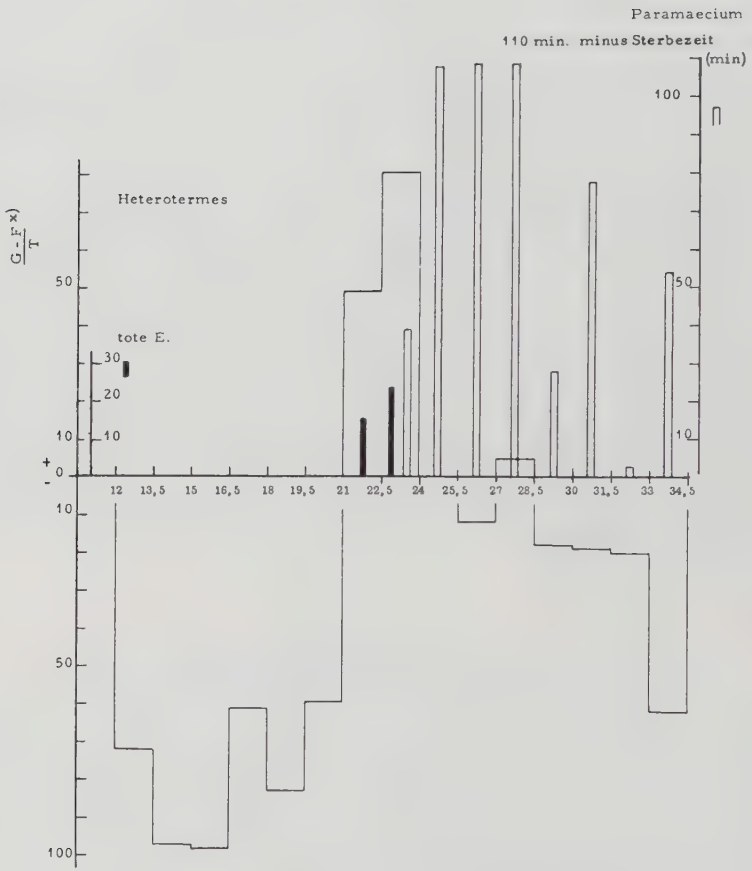


Abb. 44. Wirkung der einzelnen Proben eines mit Hilfe einer Sephadex-G-10-Säule fraktionierten Alkoholextraktes aus dem Kulturfiltrat des Pilzes *Aspergillus niger* auf *Heterotermes indicola* und *Paramaecium*. *s. Abb. 31

Ein anderer Teil des in der oben beschriebenen Weise gewonnenen Extraktes (1,25 ml) kam in eine Säule (Volumen 41 ml) mit Sephadex-G-10 (Fraktionierungsbereich von MG 100—1000). Nach 12 ml Vorlauf wurden 15 Fraktionen zu 1,5 ml abgenommen und mit *Heterotermes, Paramaecium* und *Euglena* geprüft (je 3 Parallelen) (Abb. 44). Das Maximum der toxischen Wirkung liegt für *Heterotermes* (geringer Fraß, tote Ex.) deutlich vor dem für *Paramaecium* (kurze Sterbezeit). Die Befunde zeigen, daß der Pilz ein Stoffgemisch aus mindestens 2 Komponenten bildet, denen eine sehr spezifisch-toxische Wirkung zukommt. Termiten und Ciliaten werden jeweils von mindest einem anderen Stoff geschädigt. Die für die Termiten giftige Substanz liegt an der Aufschlußgrenze

von Sephadex-G-10. In den Abb. 45—47 sind Beispiele für Termitenfraß an Filtrierpapierscheibchen, die mit verschiedenen Sephadex-Fraktionen getränkt sind, zu sehen: stark zerfressenes Papier in den ersten Proben (Abb. 45), nur winzige Fraßspuren im Maximum der Toxinwirkung (Abb. 46), danach besserer aber nicht mehr so guter Fraß wie anfangs (Abb. 47).

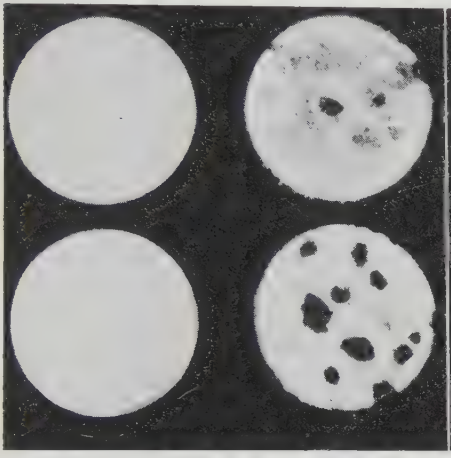


Abb. 45. *Heterotermes indicola* — Beispiele für Fraß bei unterschiedlichen Sephadex-Fraktionen. 15 ml Durchlauf, sehr guter Fraß (links unbehandelte Papierscheibchen, rechts die mit Termitenfraß, oben Blattunter-, unten Blattoberseite)

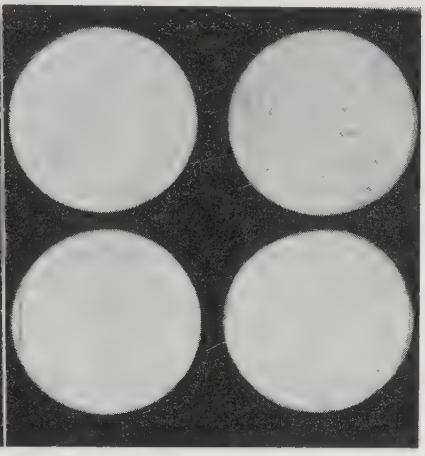


Abb. 46. 24 ml Durchlauf. Maximum der Toxinwirkung, die Termiten haben nur in winzigen Spuren am Papier gefressen

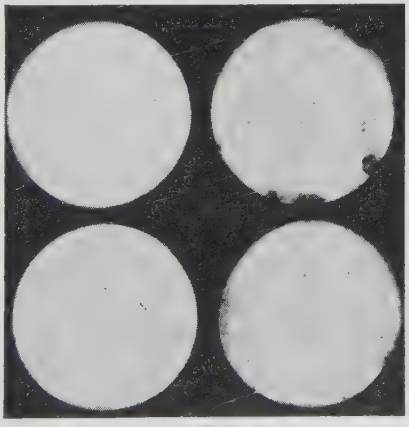


Abb. 47. 28,5 ml Durchlauf. Fraß nicht mehr so gut wie anfangs (links unbehandelte Papierscheibchen, rechts die mit Termitenfraß, oben Blattober-, unten Blattunterseite)

Euglena zeigte den Proben gegenüber ein von dem der anderen Organismen abweichendes Verhalten. In keinem Fall wurden die Flagellaten abgetötet. Von 24 bis 30 ml Durchlauf war nur eine Verlangsamung der Bewegungen zu beobachten, teilweise sanken die Tiere sogar auf den Schalengrund ab, hatten sich aber nach 24 Stunden wieder erholt. Der *Euglena* etwas beeinträchtigende Probenbereich fällt mit dem *Paramaecium* schädigenden zwar zusammen, der Extrakt bewirkt aber nicht mehr den Tod der Tiere, der sonst bei nicht fraktionierter Lösung innerhalb von gut 5 min. eintritt.

Der Zeitpunkt der Toxinbildung wurde mit *Paramaecium* ermittelt (je 3 Parallelen mit 2 Pilzansätzen). Bei Zugabe des Filtrates in die Schalen mit den Ciliaten ist bis zum 3. Tag keinerlei Wirkung zu beobachten. 4tägiges Filtrat führt dazu, daß die Tiere etwas anschwellen und langsamer schwimmen. Zu dieser Zeit sind in den Pilzkulturen die ersten Konidienträger an der Oberfläche der Nährlösung ausgewachsen. Bis zum 8. Tag verstärkt sich die relativ geringfügige Beeinträchtigung der Tiere zwar etwas, nach 24 Stunden leben die Tiere aber noch stets. Bereits einen Tag später sterben fast alle Individuen innerhalb von 3 min., die letzten nach 5 min. Die Mycel- und Konidiendecke an der Oberfläche der Czapek-Dox-Lösung ist jetzt geschlossen. Vom 10. Tag an sind die Ciliaten nach 1—2 min. tot. So stark wirkt das Toxin noch bis zum 25. Tag. Filtrat aus einem 50tägigen Ansatz tötet *Paramaecium* nicht mehr ab, die Wirkung hat sich verloren.

Um zu klären, inwieweit die Toxinbildung mit der Sporulation zusammenhängt, wurde das Filtrat einer 10 Tage alten Schüttelkultur mit *Aspergillus niger* geprüft. In den Kolben hatten sich nur in einigen Spritzern Nährlösung an den oberen Wand wenige Konidien gebildet, sonst waren die Ansätze sporenfrei. Die Paramaecien starben innerhalb von 2 min. (je 3 Parallelen von 2 Pilzansätzen). Die Synthese der für Ciliaten toxischen Stoffe scheint wohl mehr oder weniger unabhängig von der Sporulation zu erfolgen, beide Vorgänge fallen nur rein zeitlich zusammen. Wurde das Filtrat aus der Schüttelkultur an *Heterotermes* verfüttert (je 3 Parallelen von 2 Pilzansätzen), starben keine Tiere. Die Bildung des Termitengiftes scheint also mit der Sporulation gekoppelt zu sein. *Aspergillus niger* produziert im Kulturmedium folglich mindest 2 Substanzen mit unterschiedlichem Wirkungsspektrum. Die Befunde bei der Prüfung von Mischkulturen und der Fraktionierung des Filtrates erhalten hier eine weitere Bestätigung. Für eine zeitliche Bindung der Synthese von Antibiotika führen W. M. Darling et al. (1963) ein Beispiel an. *Aspergillus amstelodami* bildet Amodin-A bei der Reifung der Konidien, Amodin-B während der Entstehung von Perithecien.

Um zu sehen, inwieweit eine toxische Wirkung, die für den Stamm ATCC 6275 (Holl. 2) von *Aspergillus niger* nachgewiesen wurde, auch

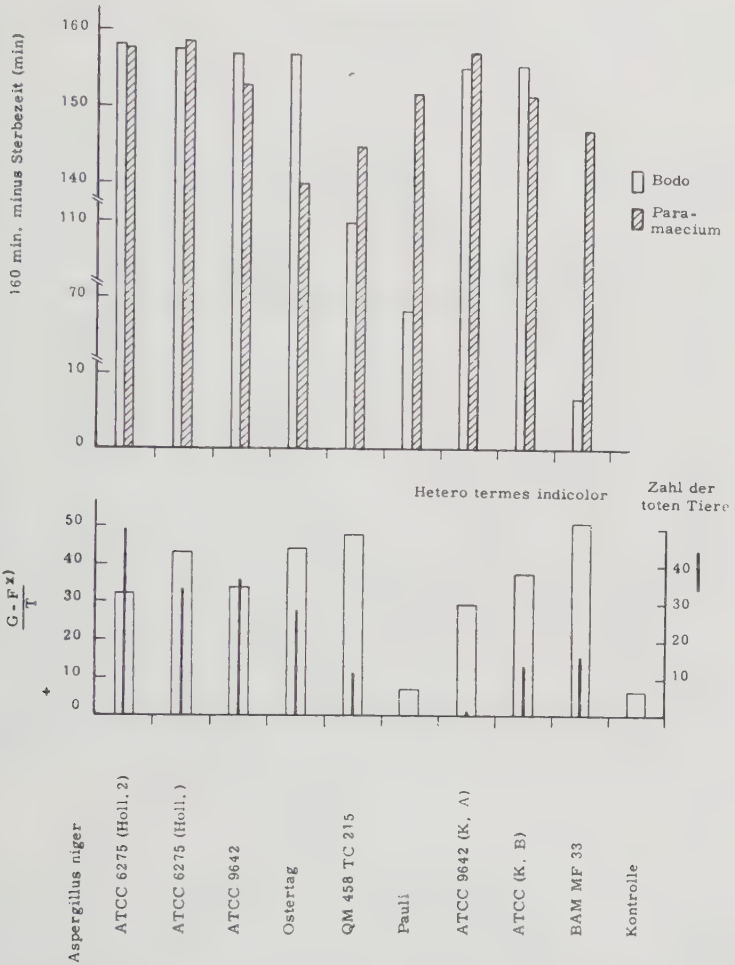


Abb. 48. Vergleich der Wirkung des Alkoholextraktes aus dem Kulturfiltrat von 9 Stämmen des Pilzes *Aspergillus niger* auf *Heterotermes indicola, Paramaecium* und *Bodo*. *s. Abb. 31

anderen Isolaten zukommt, wurde ein in der schon beschriebenen Weise hergestellter Alkoholextrakt aus dem Kulturfiltrat (14 Tage alt) von 9 Stämmen einschließlich des schon verwendeten an *Heterotermes* (50 Tiere) verfüttert und zu Ansätzen mit *Paramaecium* und *Bodo* gegeben (je 5 Parallelen für Termiten, je 3 für Protozoen). Die unterschiedlichen Werte für Fraß und Zahl der toten Tiere von *Heterotermes* und

für die Lebensdauer der Protozoen sind aus Abb. 48 ersichtlich. Toxisch (Protozoen), zumindest abschreckend (Termiten) wirkten aber alle Stämme. Bei *Heterotermes* stehen Fraß und Zahl der toten Tiere in sehr verschiedenem Verhältnis zu einander. So wird bei MF 33 nur mit Fraßspuren und 15 toten Tieren wahrscheinlich eine größere abschreckende Wirkung vorliegen als etwa bei den Stämmen ATCC 6275 (Holl. 2) und 9642 mit 49 beziehungsweise 36 Toten und vergleichsweise besserem Fraß. In letzteren Fällen lagen die Konzentrationen des Toxins wahrscheinlich so niedrig, daß die Termiten noch relativ viel getränktes Papier aufgenommen haben, dann aber genügend Gift verzehrt hatten und somit zum größten Teil innerhalb der 48 Stunden Versuchsdauer starben, wenigstens aber schwer geschädigt wurden (unsichere Bewegungen, Rückenlage, Hinterleibsschrumpfungen, dünnflüssiger Kot). Die Stämme Pauli und ATCC 9242 (K, A) waren für *Heterotermes* die günstigsten.

Für *Bodo* schwanken die Zeiten, nach denen alle Individuen tot sind, innerhalb geringer Grenzen. Sie liegen zwischen 90 sec. und einer Viertelstunde. Bei *Paramaecium* finden sich ausgeprägtere Unterschiede (2—152 min.). In 3 Fällen beträgt die Sterbezeit 50 min. und darüber. Für den Stamm Pauli deckt sich das Ergebnis mit dem bei den Termiten gewonnenen. Die Stämme QM 458 TC 215 und MF 33 mit langer Sterbezeit sind für die Termiten doch recht toxisch. Sie liegen etwa im Bereich von ATCC (K, B), dessen Extrakt wiederum auch die Protozoen rasch abtötet. Aus dem jeweiligen Mischungsverhältnis der für Termiten und Protozoen spezifischen Komponenten dürften die unterschiedlichen Effekte des Filtrates der einzelnen Stämme resultieren.

3.6. Diskussion

Mit besonderer Aufmerksamkeit werden stets die Mykotoxikosen behandelt. Sie sind bisher aber ausschließlich im Rahmen der Verhältnisse der menschlichen Ernährung, der Nutztierhaltung und unter Laborbedingungen beobachtet worden. In den eigenen Untersuchungen wurde *Aspergillus niger* Toxinsynthese nachgewiesen und — in seiner Wirkung auf Termiten beschränkt bleibend — auch einem Stamm von *Gliocladium virens*.

Aspergillus niger, ein häufiger Bodenpilz, ist Kosmopolit, hat jedoch sein Hauptverbreitungsgebiet in den Tropen (A. Rippel 1940). Morphologisch lassen sich verschiedene Rassen unterscheiden (I. Peters und A. Rippel-Baldes 1950). Dieser Pilz wurde außer aus dem Boden von verschiedenen anderen Orten isoliert (Ch. Thom und K. B. Raper 1951) und kann für Mykosen verantwortlich sein. Toxine sind von diesem Pilz bisher nur in geringem Umfang bekannt (P. K. C. Austwick 1965), er bildet auch nur wenige Antibiotika (K. B.

Raper und D. L. Fennell 1965). G. Becker (1942, 1948) fand mehrere für Termiten förderliche Stämme. Immerhin waren einige Isolate von *A. niger* zur — wenn auch schwachen — Aflatoxin-Synthese fähig (M. M. Kulik und C. E. Holaday 1966). Mit Schäden durch diesen Pilz wäre schon durchaus überall zu rechnen.

Für die Antibiotikabildung im Boden wird angenommen, daß diese Stoffe, wenn die Mikroorganismen günstige Wachstumsbedingungen finden, nur in einem kleinen Umkreis, dann aber in hoher Konzentration nachgewiesen werden können (J. M. Wright 1956). Die Antibiotika können im Boden unter Umständen eine erhebliche Stabilität besitzen (A. G. Winter und L. Willecke 1951), werden aber auch durch pH-Wert-Schwankungen, Absorption an Bodenpartikel und anderes inaktiviert (E. Jefferys 1952). Diese Vorstellungen sind wohl ohne weiteres auch auf die Bildung von Toxinen zu übertragen, zumal sich die Begriffe Antibiotikum-Toxin vielfach weitgehend decken. Von großer Bedeutung für die Stabilität derartiger Verbindungen im Boden ist aber mikrobieller Abbau. Unter sterilen Bedingungen liegen die nachweisbaren Antibiotika-Konzentrationen stets höher als in unsterilen Böden. Zum Beispiel waren die phytotoxischen Substanzen von *Penicillium funiculosum* in sterilen Böden, bei Abwesenheit von Mikroorganismen, wirksamer, als wenn die Mikroflora nicht beseitigt wurde (S. Catani-Catovic und J. L. Peterson 1966), G. Müller und U. Heinicke (1962) zeigten, daß *Tagetes*-Toxin im Boden mit den günstigsten Eigenschaften den geringsten schädigenden Effekt gegenüber Collembolen besitzt. Im Kompost wurden keine toten Tiere festgestellt. Diese Erscheinung dürfte in Zusammenhang mit dem guten Mikrobenbesatz im Kompost etwa im Vergleich zu einem Sandboden zu bringen sein. Das Gift kann eher inaktiviert beziehungsweise abgebaut werden. Nach Ansicht von H. Bucherer (1965) werden wohl die meisten, vielleicht sogar „alle in der Natur gebildeten organischen Giftstoffe von zum Teil spezifisch wirksamen Enzymen bestimmter Mikroben abgebaut". Beispielsweise kann eine *Arthrobacter*-Art Cumarin als einzige C-Quelle ausnutzen (C. C. Levy und G. D. Weinstein 1964), ein *Flavobacterium* baut Aflatoxin, ein Cumarin-Derivat, vollständig ab (A. Ciegler et al. 1966).

Antibiotische Effekte brauchen aber nicht nur auf einen kleinen Umkreis um den Standort des Mikroorganismus beschränkt zu sein. Die Untersuchung der Erscheinung, daß Pilzsporen auf vielen Böden nicht auskeimen (C. G. Dobbs und W. H. Hinson 1953, B. T. Lingappa und J. L. Lockwood 1961, 1964, G. J. Griffin 1962), hat ergeben, daß die hier von Mikroben gebildeten Stoffe vom Bodenwasser verbreitet werden und so dem Boden in seiner Gesamtheit eine Hemmaktivität zukommt (H. C. Weltzin 1963). In wassergesättigten

Böden ist diese Wirkung am stärksten (D. Seidel 1965). Die Bildung der für die Hemmung der Sporenkeimung verantwortlichen Stoffe ist bisher nur im Boden, noch nicht unter künstlichen Bedingungen beobachtet worden. Die Stoffe entsprechen also nicht den klassischen Antibiotika (H. C. Weltzien 1963). Inwieweit daher toxische Produkte über den unmittelbaren Entstehungsort hinaus in die Umgebung verbreitet werden, ist bisher noch nicht zu sagen. Es kann jedoch vermutet werden, daß unter Bedingungen, die die Entwicklung einer formenreichen Mikroflora gestatten, wie etwa in humusreichen Böden, Gifte nur in begrenztem Umfang schädigen können. Unter Verhältnissen, die nur eine artenarme Mikrobenwelt aufkommen lassen, werden Toxinschäden größer sein. Das zeigen ja auch deutlich die unter Hausvieh auftretenden Mykotoxikosen.

In diesem Zusammenhang kommt auch allen Maßnahmen, die die Zusammensetzung und die Aktivität der Mikroflora beeinflussen, große Bedeutung zu. Zum einen kann etwa die Düngung mit Stickstoff die Mikroben fördern (G. Ronde, 1957, D. D. Kaufmann und L. E. Williams, 1964) und damit günstig für die Entwicklung vieler Tiere wirken (G. Herbke et al. 1962). Zum anderen führen zahlreiche landwirtschaftliche Maßnahmen und unzureichende Düngung zur Humusverarmung (B. Schaerffenberg, 1954) und damit zu einer Abnahme der Mikroorganismen und der Tierwelt. Verschiedene Pestizide wirken selektionierend, so daß bestimmte Mikroben das Übergewicht erhalten, weil andere fast völlig verschwinden und sich nur langsam erholen. Ein auffälliges Beispiel dazu ist das schon bei den Nematoden erwähnte von K.-H. Deubert (1963). Berücksichtigt man hauptsächlich die Schimmelpilze, sind es hier die Fungizide mit entsprechender Wirkung (K. H. Domsch, 1960, M. E. Corden und R. A. Young, 1965). Unter derartigen Verhältnissen könnten Toxine mikrobiellen Ursprungs große Bedeutung erlangen. Darüber hinaus fehlen dann die Mikroben auch in ihrer positiven Rolle für die Tiere, nämlich als Nahrungslieferanten. Aber hier ergeben sich sehr komplexe und schwierige Themen.

Die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Pilzflora wird von dem Bodentyp, damit dem Humusgehalt (J. H. Warcup, 1951, V. Jensen, 1963, F. H. Meyer, 1959, A. W. Chen und D. M. Griffin, 1966), der Bodentiefe und Jahreszeit (C. Yung und H. Stenton, 1964, E. König, 1965, E. Scholz-König, 1966), der Pflanzendecke und Art der Bodenbearbeitung (M. Hopf, 1950, J. H. Miller et al. 1957, Th. Beck und H. Poschenrieder, 1961 B. G. Dutta und G. R. Ghosch, 1965) und anderen Faktoren mehr beeinflußt. Auch existieren die Pilze vielfach nur in Form der Mycelien und sporulieren kaum (T. K. R. Reddy und R. Knowles, 1965).

Schon diese kurze Übersicht läßt die Vermutung zu, daß Schwankungen im Mikrobenbesatz nicht ohne Auswirkungen auf die Tierwelt bleiben dürften, vor allem für die Formen, die sich mehr oder weniger von Mikroorganismen ernähren. Schon bei quantitativ gleichbleibendem Pilzangebot wie in den vorliegenden Untersuchungen ergaben sich mehrere Anzeichen für qualitative Unterschiede, die in der freien Natur

noch stärker auftreten können und durch weitere vermehrt werden dürften.

4. Zusammenfassung

1. Auf Grund der verfügbaren Literatur wird eine Übersicht der möglichen Beziehungen und wechselseitigen Einflüsse zwischen Tieren und Schimmelpilzen gegeben.

2. In eigenen Untersuchungen wurden insgesamt 22 Schimmelpilze, zum Teil mit mehreren Stämmen — insgesamt 36 Pilze — an 11 systematisch verschiedenen Bereichen angehörende Tierarten verfüttert, nämlich an 1 Nematoden, 2 Schnecken, 1 Landassel, 1 Diplopoden, 2 Collembolen, 1 Ohrwurm, 1 Schabe, 1 Käfer, 1 Diptere; bei einigen Tieren wurde zusätzlich die Vermehrung in Gegenwart von Pilzen beobachtet.

3. Einige Pilzarten sind in ihrer Wirkung auf die Tiere recht eindeutig zu kennzeichnen. Entweder werden sie von den Tieren gut gefressen, und deren Vermehrung wird gefördert *(Penicillium cyclopium, P. funiculosum, P. spinulosum, Trichoderma lignorum)*, oder die Schimmelarten werden kaum angenommen, und die Vermehrung der Tiere unterbleibt auf diesen Pilzen *(Aspergillus flavus* T 14 und T 49, *A. niger, Chaetomium, Myrothecium verrucaria)*. Andere Pilze werden gut gefressen, jedoch ist die Nachkommenschaft gering (*Aspergillus flavus* QM 380 und S 700, *Mucor, Paecilomyces varioti* EMPA 55). Von dieser Regel sind immer wieder Ausnahmen zu beobachten. Über einige Pilze ist eine nähere Aussage nicht möglich. Sie erbrachten bei den einzelnen Tierarten sehr unterschiedliche Befunde. Dazu gehören *Dactylium fusarioides, Gliocladium virens, Trichoderma* spec. und *T. viride*. Pilzliche Inhaltsstoffe, die nur für einen begrenzten Kreis von Tieren verträglich sind, für andere dagegen nicht, könnten diese Erscheinung erklären.

4. Zwischen den Stämmen einer Pilzart können teilweise erhebliche Unterschiede bestehen. Das Wirkungsspektrum reicht von fördernd über indifferent bis schädigend. Innerhalb einer Pilzart sind also unter Umständen die gleichen Unterschiede anzutreffen wie zwischen mehreren Species. Beispiele hierfür sind *Aspergillus flavus* und *Trichoderma viride*. Voneinander abweichende Aussagen mehrerer Autoren sind so durchaus möglich. Berücksichtigt man zusätzlich die zahlreichen Faktoren, die das physiologische Verhalten eines Pilzes beeinflussen können, erhöht sich die Mannigfaltigkeit beträchtlich.

5. Die Tiere, denen Pilze zum Fraß angeboten wurden, unterschieden zwischen den einzelnen Pilzarten und -stämmen deutlich; sie werden also unter natürlichen Verhältnissen „Schimmel" nicht wahllos fressen, sondern nur die Pilze, die für sie verträglich sind.

6. Das Nahrungsangebot „Pilz" ist im Zeitablauf für die Tiere nicht immer gleichwertig. Mit zunehmendem Alter des Pilzes ändern sich dessen Eigenschaften, gekennzeichnet durch die Abschnitte: Keimung — Mycelausbreitung — Sporenreife — Verfall. Verfütterung des Filtrates verschieden alter Pilzkulturen an die Termite *Heterotermes indicola* und die Assel *Porcellio scaber* ergab für einige Pilze charakteristische Änderung des Fraßes mit dem fortschreitenden Alter der Pilzansätze. Entsprechend tritt die abschreckende und schädigende Wirkung, die ein Pilz ausüben kann, erst nach bestimmter Zeit auf; sie kann sich auch wieder verlieren. Junges Mycel mit einem Altersunterschied von nur 24 Stunden kann schon sehr entgegengesetzt wirken.

Aspergillus niger und andere Pilze begünstigten, 24 Stunden alt, Collembolen und *Porcellio scaber*, 48stündiger Pilz schädigte die Tiere.

7. Ein Stamm von *Aspergillus niger* bildet in Czapek-Dox-Nährlösung Toxine. Es handelt sich um mindestens zwei Stoffe. Der eine schädigt Termiten, der andere Protozoen. Das ergab die Fraktionierung eines Alkoholextraktes aus dem Kulturfiltrat, die Verfütterung des Filtrates aus Mischkulturen mit *Aspergillus niger* und anderen Pilzen und des Filtrates von sporenfreien und sporulierten Kulturen von *A. niger*. Die Schädigung äußert sich bei Termiten in geringem Fraß und Absterben eines großen Teils der Tiere, Protozoen sterben bei einer Verdünnung von 1 : 100 innerhalb weniger Minuten, der Oligochaet *Nais* nach etwas längerer Zeit.

8. Unter 9 Stämmen von *Aspergillus niger* war kein Stamm, der nicht wenigstens ein Toxin synthetisierte, die meisten schädigten Termiten und Protozoen.

9. Eine schwächere Toxinwirkung, die auch nur auf Termiten beschränkt blieb, wurde einem Stamm von *Gliocladium virens* nachgewiesen.

10. Auf Grund der Beobachtungen über die Bildung von Antibiotika im Boden kann angenommen werden, daß Toxine — ein Begriff, der sich oft weitgehend mit dem des Antibiotikums deckt — unter Verhältnissen, die eine reiche Mikroflora aufkommen lassen (Humus), nur begrenzt wirksam sind und mehr oder weniger schnell inaktiviert werden. Unter Bedingungen mit einer artenarmen Mikroflora werden die Toxine eine größere Bedeutung haben. Das zeigen die Beobachtungen über Mykotoxikosen bei der Tierhaltung und der menschlichen Ernährung deutlich. In diesem Zusammenhang und darüber hinaus bei allen Fragen des wechselseitigen Einflusses von Tieren und Mikroorganismen haben alle Maßnahmen, die zu einer Änderung der Zusammensetzung und Aktivität der Mikroflora führen, große Bedeutung für die Entwicklung verschiedener Tiere.

Summary

Based on the literature potential relationships and interactions between animals and moulds are reviewed. In the investigations carried out by the author himself 36 mould types were fed to 11 animal species of different taxonomic units. In some cases reproduction of the animals was observed in the presence of fungi.

Some fungal species can be clearly characterised by their effects on animals: they have positive or negative effects, other fungi yield results differing with the particular test animal. The differences which may be observed among several fungal species may manifest themselves also among different strains of the same species. The properties of the fungus and consequently the behaviour of the animals towards the fungus are in part conspicuously influenced by the age of the fungus. Under natural conditions the animals are supposed to be able to select the most suitable species of the available moulds.

A strain of *Aspergillus niger* produces at least 2 toxins in Czapek-Dox medium. One of them is toxic to the termite *Heterotermes indicola*, the other one to some protozoa. Corresponding observations of antibiotics have shown that toxins — a term which is often identical with that of antibiotic — can become effective only under conditions producing a poor microflora. Conditions under which an abundant microflora may develop (humus) are likely to inactivate them more or less quickly.

5. Schrifttum

Agarwal, P. N. and Paul, C. F.: Insecticidal properties of the fungus *Trichoderma*. Defence. Sci. J. *13* (1963), 295—297.

Agrawal, N. S., Christensen, C. M. and Hodson, A. C.: Grain storage fungi associated with the granary weevil. J. econ. Ent. *50* (1957), 659—663.

Agrawal, N. S., Hodson, A. C. and Christensen, C. M.: Development of granary weevils and fungi in columns of wheat. J. econ. Ent. *51* (1958), 701—702.

Ainsworth, G. C.: Ainsworth' and Bisby's Dictionary of the fungi, 1961, 5. Ed.

Ainsworth, G. C. and Austwick, P. K. C.: Fungal diseases of animals. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Bucks, 1959.

Alexopoulos, C. J.: Einführung in die Mykologie. Stuttgart, 1966.

Allen, T. C., Smythe, R. V. and Coppel, H. C.: Response of twenty-one termite species to aqueous extracts of wood invaded by the fungus *Lenzites trabea* Pers. ex Fr. J. econ. Ent. *57* (1964), 1009—1011.

Ashworth, L. J. jr., Schroeder, H. W. and Langley, B. C.: Aflatoxins: environmental factors govering occurrence in Spanish peanuts. Science *148* (1965), 1228—1229.

Aspöck, H.: Parasitierung eines im Freiland aufgefundenen Intersexes von *Aedes (Ochlerotatus) communis* De Geer (Insecta, Culicidae) durch einen Pilz der Ordnung Blastocladiales. Z. Morph. u. Ökol. Tiere *57* (1966), 231—243.

Austwick, P. K. C.: Pathogenicity. In: K. B. Raper and D. I. Fennell: The genus *Aspergillus*. Baltimore, 1965, 82—126.

Austwick, P. K. C. and Ayerst, G.: Groundnut microflora and toxicity. Chem. Ind. (1963), 55—61.

Baker, G. E.: Inadvertent distribution of fungi. Canad. J. Microbiol. *12* (1966), 109—112.

Bakshi, B. K.: Fungi in the nest of *Odontotermes obesus*. Ind. Phytopathol. *4* (1951), 1—4.

Banes, D.: Food toxins of fungal origin. Methodology and regulatory aspects. Food Technol. *20* (1966), 755—765.

Barnes, J. M. and Butler, W. H.: Carconogenic activity of aflatoxins on rats. Nature *202* (1964), 1016.

Beck, S. D.: The toxicology of Antimycin A. J. econ. Ent. *43* (1950), 105—106.

Beck, Th. und Poschenrieder, H.: Wechselwirkung von Biotop und Bodenmikroflora im Bereich des Hochmoores. Bayer. Landw. Jahrb. *38* (1961), 110—112. — Ref.: Zbl. Bakter. II *116* (1963), 778.

Becker, G.: Prüfung von Textilien auf „Termitenfestigkeit". Melliand Textilber. *23* (1942 a), 1—9.

— Untersuchungen über die Ernährungsphysiologie der Hausbockkäfer-Larven. Z. vergl. Physiol. *29* (1942 b), 315—388.

— Ökologische und physiologische Untersuchungen über die holzzerstörenden Larven von *Anobium punctatum* De Geer. Z. Morph. u. Ökol. Tiere *39* (1942 c), 98—152.

— Beobachtungen und experimentelle Untersuchungen zur Kenntnis des Mulmbockkäfers (*Ergates faber* L.). 2. Die Larvenentwicklung. Z. angew. Entomol. *30* (1943), 263—296.

— Über Kastenbildung und Umwelteinfluß bei Termiten. Biol. Zbl. *67* (1948), 407—444.

— Zerstörung des Holzes durch Tiere. In: Mahlke-Troschel-Liese: Handbuch der Holzkonservierung. 3. Aufl. Berlin,1950, 111—165.

— Ein kaum bekannter Käfer im Bauholz breitet sich aus. Holz-Zbl. *77* (1951 a), 1895—1896.

— Kornmotten und Pilzmücken an holzzerstörenden Pilzen und in pilzzerstörtem Holz in Gebäuden. Z. hyg. Zool. u. Schädlingsbekämpf. *39* (1951 b), 5—14.

— Holzzerstörende Tiere und Holzschutz im Meerwasser. Holz als Roh- u. Werkstoff *16* (1958), 204—215.

— Termiten-anlockende Wirkung einiger bei Basidiomyceten-Angriff im Holz entstehender Verbindungen. Holzforsch. *18* (1964), 168—172.

— Versuche über den Einfluß von Braunfäulepilzen auf Wahl und Ausnutzung der Holznahrung durch Termiten. Material u. Organismen *1* (1965), 95—156.

— Über Beziehungen zwischen Tieren und Mikroorganismen im Holz. Material und Organismen, Beiheft 1, 1966, 481—496.

Becker, G. und Kerner-Gang, W.: Schädigung und Förderung von Termiten durch Schimmelpilze. Z. angew. Entomol. *53* (1964), 429—448.

Beier, M.: Ohrwürmer und Tarsenspinner. Die neue Brehm-Bücherei H. 251, Wittenberg Lutherstadt, 1959.

Bekker, S. E., Ssuprun, T. P., Rodionowa, J. G. and Jangelowa, I. W.: (Cytotoxische Eigenschaften der Extrakte aus dem Pilzmycelium.). Antibiotika (UdSSR) 6 (1961), 108—111. — Ref.: Chem. Zbl. *136* (1965), 16612.

Bennick, L.: Pilzkäfer und Käferpilze. Acta Zool. Fenn. *70* (1952), 1—250.

Benz, G.: Physiopathology and histochemistry. In: E. A. Steinhaus (Editor): Insectpathology. Vol. 1, New York, London, 1963, 299—338.

Biwer, A.: Quantitative Untersuchungen über die Bedeutung der Asseln und der Bakterien für die Fallaubzersetzung unter Berücksichtigung der Wirkung künstlicher Düngemittelzusätze. Z. angw. Entomol. *48* (1961), 307—328, 377—394.

Bletchly, J. D.: The influence of soft rot on the susceptibility of beech to attack by the common furniture beetle (*Anobium punctatum* Deg.). Rec. Brit. Wood. Pres. Assoc. 1959, 5—15.

— Aspects of the habits and nutrition of the Anobiidae with special reference to *Anobium punctatum*. Material u. Organismen, Beiheft 1, 1966, 371—381.

Bonner, J. T.: A study of the temperature and humidity requirements of *Aspergillus niger*. Mycolgia *40* (1948), 728—738.

Bonner, R. D. and Fergus, C. L.: The fungus flora of cattle feeds. Mycologia *51* (1959), 855—863.

Broadbent, D.: Antibiotics produced by fungus. Bot. Rev. *32* (1966), 219—242.

Brook, P. J. and White, E. P.: Fungus toxins affecting mammals. Ann. Rev. Phytopath. *4* (1966), 171—194.

Brüsewitz, G.: Untersuchungen über den Einfluß des Regenwurms auf Zahl und Leistungen von Mikroorganismen im Boden. Arch. Mikrobiol. *33* (1959), 52—82.

Bucherer, H.: Über den mikrobiellen Abbau von Giftstoffen. 4. Mitt. Über den mikrobiellen Abbau von Phenylacetat, Strychnin, Brucin, Vomicin und Tubocurarin. Zbl. Bakter. II *119* (1965), 232—238.

Buchner, P.: Endosymbiose der Tiere mit pflanzlichen Mikroorganismen. Basel, Stuttgart, 1953.

Burges, A.: The downward movement of fungal spores in sandy soil. Trans. Brit. mycol. Soc. *33* (1950), 142—147.

— The microbiology of a podzol profile. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 151—157.

Burmeister, H. R., Hartman, P. A. and Saul, R. A.: Microbiology of ensiled high-moisture corn. Appl. Microbiol. *14* (1966), 31—34.

Burmeister, H. R. and Hesseltine, C. W.: Survey of the sensivity of microorganisms to aflatoxin. Appl. Microbiol. *14* (1966), 403—404.

Burnside, E., Sippel, W. L., Forgacs, J., Carll, W. T., Atwood, M. B. and Doll, E. R.: A disease of swine and cattle caused by eating moldy corn. II. Experimental production with pure cultures of molds. Am. J. Vet. Res. *18* (1957), 817—824.

Butler, W. H. and Barnes, J. M.: Carcinoma of the glandular stomach in rats given diets containing aflatoxin. Nature *209* (1966), 90.

Calderon, O. H. and Staffeldt, E. E.: Colonization of organic traps by microorganisms in Kwajalein Island soils. Internat. Biodeter. Bull. *1* (1965), 59—62.

Caldwell, R.: Observations on the fungal flora of decomposing beech litter in soil. Trans. Brit. mycol. Soc. *46* (1963), 249—261.

Campbell, A. D. and Funkhouser, J. T.: Collaborative study on the analysis of aflatoxins in peanut butter. J. Assoc. Off. Anal. Chem. *49* (1966), 730—739.

Carré, C. G.: Fungus decomposition of beech cupules. Trans. Brit. mycol. Soc. *47* (1964), 437—444.

Catani-Catovic, S. and Peterson, J. L.: (Phytotoxität der Stoffwechselprodukte eines Bodenpilzes, *Penicillium funiculosum* Thom.). Soil Sci. *101* (1966), 57—62.

Chen, A. W. and Griffin, D. M.: Soil physical factors and the ecology of fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. *49* (1966), 419—426.

Christensen, C. M.: Deterioration of stored grains by fungi. Bot. Rev. *23* (1957), 108—134.

— Fungi in cereal grains and their products. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 9—14.

Christensen, C. M. and Hodson, A. C.: Development of granary weevils and storage fungi in columns of wheat II. J. econ. Ent. *53* (1960), 375—380.

Christensen, C. M., Nelson, G. H. and Mirocha, C. J.: Effect on the white rat uterus of a toxic substance isolated from *Fusarium*. Appl. Microbiol. *13* (1965), 653—659.

Christensen, C. M., Nelson, G. H., Mirocha, C. J., Bates, F. and Dorworth, C. E.: Toxicity to rats of corn invaded by *Chaetomium globosum*. Appl. Microbiol. *14* (1966), 774—777.

Ciegler, A., Lillehoj, E. B., Peterson, R. E. and Hall, H. H.: Microbial detoxification of aflatoxin. Appl. Microbiol. *14* (1966), 934—939.

Clifford, J. I. and Rees, K. R.: Aflatoxin: a site of action in the rat liver cell. Nature *209* (1966), 312—313.

— The action of aflatoxin B_1 on the rat liver. Biochem. J. *102* (1967), 65—75.

Corden, M. E. and Young, R. A.: Changes in the soil microflora following fungicide treatments. Soil Sci. *99* (1965), 272—277.

Darling, W. M., Campbell, P. J. and McArdle, M.: Antibiotica from *Aspergillus amstelodami*. J. gen. Microbiol. 33 (1963), 191—204. — Ref. Zbl. Bakter. II *118* (1964), 725.

Dathe, H.: Zur Pathogenese von Mykosen bei Zoovögeln. Monatsh. f. Veterinärmed. 17 (1962), 544—548.

Dawson, R. C.: Potential for increasing food production through microbiology. Bact. Rev. *29* (1965), 251—266.

De, R. K.: Effect of streptomycin on some stored grain insects. J. econ. Ent. *48* (1955), 774—775.

Demerec, M.: Biology of *Drosophila*. New York, 1950.

Deubert, K.-H.: Untersuchungen über die Bedeutung freilebender Nematoden für den Abbau organischer Substanzen. Nematologia *9* (1963), 495—501. — Ref.: Zbl. Bakter. II *119* (1965), 657.

Dickinson, C. H.: The mycoflora associated with *Halimione portulacoides*. III. Fungi on green and moribund leaves. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1965), 603—610.

Dickinson, C. H. and Morgan-Jones, G.: The mycoflora associated with *Halimione portulacoides*. IV. Observations on some species of Sphaeropsidales. Trans. Brit. mycol. Soc. *49* (1966), 43—55.

Dickinson, C. H. and Pugh, G. J. F.: The mycoflora associated with *Halimione portulacoides*. I. The establishment on the root furface flora of the mature plants. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1965 a), 381—390.

— The mycoflora associated with *Halimione portulacoides*. II. Root surface fungi of mature and exercised plants. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1965 b), 595—602.

Diener, U. L.: The mycoflora of peanuts in storage. Phytopathology *50* (1960), 220—223.

Diener, U. L. and Davis, N. D.: Aflatoxin production by isolates of *Aspergillus flavus*. Phytopathology *56* (1966), 1390—1393.

Dittmann, A. L.: Äthiologische Zusammenhänge zwischen Nematoden und Pilzkrankheiten. Versuch einer Klassifizierung ihrer Beziehungen. Zbl. Bakter. II *116* (1963), 716—749.

Dix, N. J.: Colonization and decay of bean roots. Trans. Brit. mycol. Soc. *47* (1964), 285—292.

Dobbs, C. G. and Hinson, W. H.: A widespread fungistasis in soils Nature *172* (1953), 197—199.

— Some observations on fungal spores in soil. In: D. Parkinson and J. S. Waid (Editors): The ecology of soil fungi. Liverpool, 1960, 33—42.

Dodd, D. C.: Facial eczema in ruminants. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 105—110.

Domsch, K. H.: Die Wirkung von Bodenfungiciden. IV. Veränderungen im Spektrum der Bodenpilze. Z. Pfl. krankh. *67* (1960), 129—150.

Done, J., Mortimer, P. H., Taylor, A. and Russel, D. W.: The production of sporidesmin and sporidesmolides by *Pithomyces chartarum*. J. gen. Microbiol. *26* (1961), 207—222.

Dransfield, M.: The fungal air-spora at Samaru, Northern Nigeria. Trans. Brit. mycol. Soc. *49* (1966), 121—132.

Duddington, C. L.: Predacious fungi and soil nematodes. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North Holland, Amsterdam, 1963, 298—303.

Dunger, W.: Untersuchungen über Laubstreuzersetzung durch Collembolen. Zool. Jb. Syst. *84* (1956), 75—98.

— Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. Zool. Jb. Syst. *86* (1958), 139—180.

— Leistungsspezifität bei Streuzersetzern. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 92—102.

— Tiere im Boden. Die Neue Brehm-Bücherei H. 327, Wittenberg Lutherstadt, 1964.

Dutta, B. G. and Ghosh, G. R.: Soil fungi from Orissa (India). IV. Soil fungi of paddy fields. Mycopath. et Mycol. Appl. *25* (1965), 316—322.

Dutton, M. F. and Heathcote, J. G.: Two new hydroaflatoxins. Biochem. J. *101* (1966), 21_p—22_p.

Edwards, C. A. and Heath, G. W.: The role of soil animals in breakdown of leaf material. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 76—83.

Eisfelder, I.: Die häufigsten Pilzbewohner (Fliegen als Pilzbewohner). Z. Pilzkd. *22* (1956), 108—117.

— Drahtwürmer als Pilzbewohner. Z. Pilzkd. *23* (1957), 118—124.

— Die Pilzfauna als Wegweiser in der Erforschung pilzlicher Inhaltsstoffe. Planta Medica *8* (1960), 480—490.

El-Fiki, A. Y.: Pilzerkrankungen bei Haustieren und ihre Bedeutung als Infektionsquelle für den Menschen. Zbl. f. Veterinärmed. *6* (1959), 505—537.

El-Khadem, M., Menke, G. und Grossmann, F.: Schädigung von Erdnußkeimlingen durch Aflatoxine. Naturwiss. *53* (1966), 532.

El Tabey Shehata, A. M., Mrak, E. M. and Phaff, H. J.: Yeasts isolated from *Drosophila* and from their suspected feeding places in southern and central California. Mycologia *47* (1965), 799—811.

English, M. P.: The saprophytic growth of non-keratinophilic fungi on keratinized substrata, and a comparison with keratinophilic fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1965), 219—235.

Esenther, G. R., Allen, T. C., Casida, J. E. and Shenefelt, R. D.: Termite attractant from fungus-infected wood. Science *134* (1961), 50.

Fanse, H. A. and Christensen, C. M.: Invasion by fungi of rice stored at moisture contents of 13,3 to 15,5 %. Phytopathology *56* (1966), 1162—1164.

Feder, W. A.: A comparison of nematode-capturing efficiencies of five *Dactylella* species at four temperatures. Mycopath. et Mycol. Appl. *19* (1963), 99—104.

Feuell, A. J.: Toxic factors of mold origin. Canad. Med. Ass. J. *94* (1966), 574—581.

Findlay, W. P. K. und Savory, J. G.: Moderfäule: Die Zersetzung von Holz durch niedere Pilze. Holz als Roh- u. Werkstoff *12* (1954), 293—296.

Follstad, M. N. and Christensen, C. M.: Microflora of barley kernels. Appl. Microbiol. *10* (1962), 331—336.

Forgacs, J.: Stachybotryotoxicosis and moldy corn toxicosis. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 87—104.

Forgacs, J. and Carll, W. T.: Mycotoxicosis: Toxic fungi in tabaccos. Science *152* (1966), 1634—1635.

Foy, H., Gillman, T., Kondi, A. and Preston, J. K.: Hepatic injuries in riboflavin and pyridoxine deficient baboonspossible relations to aflatoxin induced hepatic cirrhosis and carcinomas in Africans. Nature *212* (1966), 150—153.

Francke-Grosmann, H.: Grundlagen der Symbiose bei pilzzüchtenden Holzinsekten. Verh. Dt. Zool. Ges. Hamburg (1956), 112—118.

— Über Symbiosen von xylo-mycetophagen und phloeophagen Scolytoidea mit holzbewohnenden Pilzen. Material u. Organismen, Beiheft 1, 1966, 503—522.

Franz, H.: Der Einfluß verschiedener Düngungsmaßnahmen auf die Bodenfauna. Angew. Pflanzensoziol. *11* (1953), Wien.

Frömming, E.: Die Rolle unserer Landschnecken bei der Stoffumwandlung und Humusbildung. Z. angew. Zool. *45* (1958), 341—350.

Gäumann, E.: Über parasitogene Toxine bei Pflanzenkrankheiten. Endeavour *13* (1954), 199—206.

Gerard, B. M.: The axtivities of some species of Lumbricidae in pastureland. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 49—52.

Gere, G.: Über einige Faktoren des Streuabbaues. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam 1963, 67—75.

Gersonde, M. und Becker, G.: Prüfung von Holzschutzmitteln für den Hochbau auf Wirksamkeit gegen Pilze an praxisgemäßen Holzproben („Schwammkeller"-Versuche). Holz als Roh- u. Werkstoff *16* (1958), 346—357.

Ghilarow, M. S.: On the interelationships between soil dwelling invertebrates and soil microorganisms. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 255—259.

Gilman, J. C.: A manual of soil fungi. Iowa State College Press 1957.

Gisin, G.: Oekologische Studien über die Collembolen des Blattkomposts. Rev. Suisse Zool. *59* (1952), 543—578.

Gláz, E. T., Csány, E. and Gyimesi, J.: Supplementary data on crotocin — an antifungal antibiotic. Nature *212* (1966), 617—618.

Godan, D.: Über die Massenzucht von Nacktschnecken nebst einigen Bemerkungen zur Biologie. Z. angew. Zool. *46* (1959), 497—504.

— Entstehung der Insektengallen. Umschau *66* (1966), 262—263.

Gösswald, K.: Zum Wirkungsmechanismus von Thiodan. Z. angew. Zool. *45* (1958), 129—151.

Goetsch, W. und Grüger, R.: Pilzzucht und Pilznahrung staatenbildender Insekten unter natürlichen und künstlichen Bedingungen. Biol. gen. *16* (1942), 41—112.

Goetsch. W. und Stoppel, R.: Die Pilze der Blattschneider-Ameisen. Biol. Zbl. *60* (1940), 393—398.

Gorlenko, M. V., Chinnov, E. A. and Levkina, L. M.: (Biochemical method for determination of parasitism in *Alternaria* and *Cladosporium*). Doklady Akad. Neuk. S. S. S. R. *116* (1957), 514—516. — Ref.: Chem. Abstr. *52* (1958), 5535.

Gorlenko, M. V. and Uspenskaya, G. D.: (Biochemical method for the determination of parasitism in fungi of *Stemphylium* species.) Doklady Akad. Neuk. S. S. S. R. *131* (1960), 695—696. — Ref.: Chem. Abstr. *55* (1961), 4664.

Graham, K.: Fungal-insect mutualism in trees and timber. Ann. Rev. Entomol. *12* (1967), 105—126.

Grassé, P.-P. et Noirot, C.: La signification des meules à champignons des Macrotermitinae (Ins. Isoptères). Compt. rend. Séances Acad. Sci. *244* (1957), 1 845—1 850.

— La meule des termites champignonnistes et sa signification symbiontique. Ann. Sci. Nat., Zool. (1958), 113—128.

Graves, R. C.: Ecological observations on the insects and other inhabitants of woody shelf fungi (Basidiomycetes: Polyporaceae) in the Chicago area. Ann. Entomol. Soc. Amer. *53* (1960), 61—78.

Graves, R. C. and A. C. F.: The insects and other inhabitants of shelf fungi in the southern Blue region of western North Carolina. I. Introduction, description of the habitat, and the host fungi. Ann. Entomol. Soc. Amer. *59* (1966), 381—390.

Gray, W. G.: Fungal protein for food and feeds. I. Introduction. Econ. Bot. *20* (1966), 89—93.

Gray, W. G. and Abou-el-Seoud, M. O.: Fungal protein for food and feeds. II. Whole sweet potato as a substrate. Econ. Bot. *20* (1966), 119—126.

Gregory, P. H.: The dispersion of air-borne spores. Trans. Brit. mycol. Soc. *28* (1945), 26—72.

Gregory, P. H., Lacey, M. E., Festenstein, G. V. and Skinner, F. A.: Microbial and biochemical changes during the mouldings of hay. J. gen. Microbiol. *33* (1963), 147—174.

Griffin, D. M.: Fungal colonisation of sterile hair in contact with soil. Trans. Brit. mycol. Soc. *43* (1960), 583—596.

Griffin, G. J.: Production of a fungistatic effect by soil microflora in autoclaved soil. Phytopathology *52* (1962), 90—91.

Griffiths, D. A., Hodson, A. C. and Christensen, C. M.: Grain storage fungi associated with mites. J. econ. Ent. *52* (1959), 514—518.

Halver, J. E.: Aflatoxicosis and rainbow trout hepatoma. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press Cambridge, Mass., 1965, 209—230.

Hare, R. C.: Physiology of resistance to fungal deseases in plants. Bot. Rev. *32* (1966), 95—137.

Harper, J. E. and Webster, J.: An experimental analysis of the coprophilous fungus succession. Trans. Brit. mycol. Soc. *47* (1964), 511—530.

Harries, F. H.: Effect of certain antibiotics and other compounds on the two-spotted spider mite. J. econ. Ent. *54* (1961), 122—124.

— Effects of some antibiotics and other compounds on fertility and mortality of orchard mites. J. econ. Ent. *56* (1963), 438—441.

Harries, F. H. and Mattson, V. J.: Effects of some antibiotics on three aphid species. J. econ. Ent. *56* (1963), 412—414.

Hayes, A. J.: Some microfungi from scots pine litter. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1965), 179—185.

Heal, O. W.: Soil fungi as food for amoebae. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 289—296.

Heimpel, A. M. and Harshbarger, J. C.: Symposium on microbial insecticides, V. Immunity in insects. Bact. Rev. *29* (1965), 397—405.

Hender, E. C.: The association of termites and fungi. In: C. Kofold et al.: Termites and termite control. Berkeley, 1934, 105—116.

Herbke, G., Höller, G., Höller-Land, G. und Wilcke, D.: Die Beeinflussung der Bodenfauna durch Düngung. Monogr. angew. Entomol. *18* (1962), Hamburg, Berlin.

Hering, T. F.: Succession of fungi in the litter of a Lake District oakwood. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1966), 391—408.

Hesseltine, C. W., Shotwell, O. L. Ellis, J. J. and Stubblefield, R. D.: Aflatoxin formation by *Aspergillus flavus*. Bact. Rev. *30* (1966), 795—805.

Hiscoocks, E. S.: The importance of molds in the deterioration of tropical foods and feedstuffs. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs.

M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 15—26.

Hodges, F. A., Zust, J. R., Smith, H. R., Nelson, A. A., Armbrecht, B. H. and Campbell, A. D.: Mycotoxins: Aflatoxins isolated from *Penicillium puberulum*. Science *145* (1964), 1439.

Höller, G.: Die Wirkung der Klärschlammrotte auf die Bodenmilben. Z. angew. Entomol. *44* (1959), 405—424.

Höller-Land. G.: Über die Besiedlung des Bodens mit Collembolen bei Düngung mit verschieden behandeltem Klärschlamm. Z. angew. Entomol. *44* (1959), 425—444.

Hogg, B. M. and Hudson, H. J.: Micro-fungi on leaves of *Fagus sylvatica*. Trans. Brit, mycol. Soc. *49* (1966), 185—192.

Holzapfel, C. W., Steyn, P. S. and Purchase, I. F. H.: Isolation and structure of aflatoxins M_1 and M_2. Tetrahedron letters No. 25 (1966), 2799—2803.

Hopf, M.: Untersuchungen über die natürliche Mikroflora des Bodens. Arch. Mikrobiol. *14* (1950), 661—677.

Hudson, H. J.: Succession of micro-fungi on ageing leaves of *Saccharum officinarum*. Trans. Brit. mycol. Soc. *45* (1962), 395—423.

Hudson, H. J. and Webster, J.: Succession of fungi on decaying stems of *Agropyron repens*. Trans. Brit. mycol. Soc. *41* (1958), 165—177.

Ingold, C. T.: Dispersal in fungi. Oxford, 1953.

Iongh, H. de, Vles, R. O. and Vogel, P. de: The occurence and detection of aflatoxin in food. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 235—245.

Ippen, R. und Polzin, H.: Über die Mykosen der in Zoologischen Gärten gehaltenen Vögel. Zool. Garten NF *29* (1964), 14—27.

Jacquet, J., Boutibonnes. P. et Cicile, J.-P.: Observations sur le toxicité d'*Aspergillus clavatus* pour les animaux. Bul. Acad. Vét. 36 (1963), 199—208.

Jayaraj, S., Ehrhardt, P. and Schmutterer, H.: The effect of certain antibiotics on reproduction of the black bean aphid, *Aphis fabae* Scop. Ann. Appl. Biol. *59* (1967), 13—21.

Jefferys, E.: The stability of antibiotics in soil. J. gen. Microbiol. *7* (1952).

Jensen, V.: Studies on the microflora of Danish beech forest soils V. The microfungi. Zbl. Bakter. II *117* (1963), 167—179.

Joffe, A. Z.: Biological properties of some toxic fungi isolated from overwintered cereals. Mycopath. et Mycol. Appl. *16* (1962), 201—221.

Joffe, A. Z.: Toxin production by cereal fungi causing toxic alimentary aleukia in man. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 77—85.

Joffe, A. Z. and Borut, S. Y.: Soil and kernel mycoflora of groundnut fields in Israel. Mycologia *58* (1966), 629—640.

Kabir, A.K.M.F. and Giese, R.L.: The Columbian timber beetle, *Corthylus columbianus* (Coleoptera: Scolytidae). II. Fungi and staining associated with the beetle in soft maple. Ann. Ent. Soc. Amer. *59* (1966), 894—902.

Kampf, W.-D., Becker, G. und Kohlmeyer, J.: Versuche über das Auffinden und den Befall von Holz durch Larven der Bohrmuschel *Teredo pedicellata* Qutrf. Z. angew. Zool. *46* (1959), 257—283.

Karg, W.: Die edaphischen Acarina in ihren Beziehungen zur Mikroflora und ihre Eignung als Anzeiger für Prozesse der Bodenbildung. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 305—315.

Káš, V.: Mikroorganismen im Boden. Die Neue Brehm-Bücherei H. 361, Wittenberg Lutherstadt, 1966.

Katznelson, H. and Henderson, V. E.: Studies on the relation-ships between nematodes and other soil microorganisms. I. The influence of actinomycetes and fungi on *Rhabditis (Cephaloboides) oxycerca* De Man. Canad. J. Microbiol. *8* (1962), 875—882.

— Studies on the relation-ships between nematodes and other soil microorganisms. II. Interactions of *Aphelenchoides parietinus* (Bastian, 1865) Steiner 1932 with actinomycetes, bacteria, and fungi. Canad. J. Microbiol. *10* (1964), 37—41.

Kaufmann, D. D. and Williams, L. E.: Effect of mineral fertilization and soil reaction on soil fungi. Phytopathology *54* (1964), 134—139.

Kendrick, W. B.: Fungi associated with breakdown of pine leaf litter in the organic horizon of a podzol. Mycopath. et Mycol. Appl. *19* (1963), 241 bis 245.

Kendrick, W. B. and Burges, A.: Biological aspects of the decay of *Pinus sylvestris*. Nowa Hedwigia *4* (1962), 313—342.

Kerner-Gang, W.: Versuche zur Auswahl geeigneter Pilze für die Prüfung der Schimmelwiderstandsfähigkeit von Werkstoffen. Material u. Organismen 1 (1965), 35—74.

— Versuche zur Auswahl geeigneter Pilze für die Prüfung der Schimmelwiderstandsfähigkeit von Textilien DIN 53 931 und 53 932. Melliand Textilber. *12* (1966), 1415—1422.

Kevan, D. K. Mc. E.: Soil animals. London, 1962.

Kinosita, R. and Shikata, T.: On toxic moldy rice. In: G. N. Wogan Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 111—132.

Kishaba, A. N., Shaukland, D. L., Curtis, R. W. and Wilson, M. C.: Substances inhibitory to insect feeding with insecticidal properties from fungi. J. econ. Ent. *55* (1962), 211—214.

König, E.: Der jahreszeitliche Wechsel des Mikroorganismenbesatzes in verschiedenen Bodenprofilen. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. *111* (1965), 23—37.

Kohlmeyer, J., Becker, G. und Kampf, W.-D.: Versuche zur Kenntnis der Ernährung der Holzbohrassel *Limnoria tripunctata* und ihre Beziehung zu holzzerstörenden Pilzen. Z. angew. Zool. *46* (1959), 457—489.

Kühne, H. und Becker, G.: Der Holz-Flohkrebs *Chelura terebrans* Philippi (Amphipoda, Cheluridae). Z. angew. Zool., 1. Beiheft, Berlin, 1964.

Kühnelt, W.: Bodenbiologie. Mit besonderer Berücksichtigung der Tierwelt. Wien, 1950.

— Über den Einfluß des Mycels von *Clitocybe infundibuliformis* auf die Streufauna. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 281—287.

— Funktionelle Beziehungen zwischen Bodentieren und Mikroorganismen. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors) Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 333—340.

Kulik, M. M. and Holaday, C. E.: Aflatoxin: a metabolic product of several fungi. Mycopath. et Mycol. appl. *30* (1966), 137—140.

Lacey, J. and M. E.: Spore concentrations in the air of farm buildings. Trans. Brit. mycol. Soc. *47* (1964), 547—552.

Landau, J. W., Newcomer, V. D. and Schulz, J.: Aspergillosis. Report of two instances in children associated with acute leukemia and review of the pertinent literature. Mycopathol. et Mycol. Appl. *20* (1963), 177—224.

Landin, B.-O.: Ecological studies on dung-beetles. Opusc. Entomol. *19* (1961), Lund.

Last, F. T. and Deighton, F. C.: The non-parasitic microflora on the surface of living leaves. Trans. Brit. mycol. Soc. *48* (1966), 83—99.

Leatherdale, D.: Fungi infecting rust and gall mites (Acarina: Eriophyidae). J. Invert. Pathol. 7 (1965), 325—328.

Lee, I. Y., Coe, E. L. and Freeman, S.: Effect of *Aspergillus fumigatus* endotoxin on the respiration and phosphorylation of kidney tissues. Arch. Biochem. Biophys. *110* (1965), 23—31.

Lee, W. V.: Quantitative determination of aflatoxin in groundnut products. Analyst *90* (1965), 305—307.

Legator, M.: Biological effects of aflatoxins in cell culture. Bact. Rev. *30* (1966), 471—477.

Levy, C. C. and Weinstein, G. D.: Metabolism of coumarin by a microorganism. Nature *202* (1964), 596—597.

Liese, W.: Die Moderfäule, eine neue Krankheit des Holzes. Naturwiss. Rdsch. *12* (1959), 419—425.

Liles, J. N. and Fisk, F. W.: Toxicity of several antibiotics administered by injection to German cockroach. J. econ. Ent. *48* (1955), 217.

Lilly, V. G. and Barnett, H. L.: Physiology of the fungi. New York, Toronto, London, 1951.

Lindau, K. H.: Die Ekto- und Endomykosen in der Zootierpraxis. Zool. Garten NF *30* (1965), 227—236.

Lingappa, B. T. and Lockwood, J. L.: The nature of widespread soil fungistasis. J. gen. Microbiol. *26* (1961), 473—485.

— Activation of soil microflora by fungus spores in relation to soil fungistasis. J. gen. Microbiol. *35* (1964), 215—227.

Lüscher, M.: Significance of „Fungus Gardens" in termite nests. Nature *169* (1951), 34.

Lund, A. E.: Subterranean termites and fungi. Mutualism or environmental association. For. Prod. J. *9* (1959), 320—321.

— Termites and wood destroying fungi. Pest Control *28* (1960), 26—28.

— Subterraneans and their environment. New concepts of termite ecology. Pest Control *30* (1962), 30—34, 36, 60, 61.

— Subterranean termites and fungi-theoretical interactions. Pest Control *31* (1963), 78.

— Subterranean termites and fungal-bacterial relationships. Material u. Organismen, Beiheft 1, 1966, 497—502.

Lund, A. E. and Engelhardt, N. T.: Subterranean termites and *Absidia coerula* Bainier (Mucorales). J. Insect. Path. 4 (1962), 131—132.

Lýsek, H.: Effect of certain soil organisms on the eggs of parasitic roundworms. Nature *199* (1963), 925.

Lysø, A.: Aflatoxicosis — a review. Meld. Norges Landbruksh. *45* (1966), 1—17.

Macauley, B. J. and Thrower, L. B.: Succession of fungi in leaf litter of *Eucalyptus regnans*. Trans. Brit. mycol. Soc. *49* (1966), 509—520.

Macfadayen, A.: The contribution of the microfauna to total soil metabolism. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 3—16.

Madelin, M. F.: Pilze als Insektenparasiten. Endeavour *19* (1960), 181—190.

Majumder, S. K., Narasimhan, K. S. and Parpia, H. A. B.: Microecological factors of microbial spoilage and the occurrence of mycotoxins

on stored grains. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I .T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 27—47.

Mankau, R. and S. K.: The role of mycophagous nematodes in the soil. I. The relationships of *Aphelenchus avenae* to phytopathogenic soil fungi. In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms: North-Holland, Amsterdam, 1963, 271—280.

McDonald, D. and Horkness, C.: (Wachstum von *Aspergillus flavus* und Produktion von Aflatoxin bei Erdnüssen. 4. Mitt.). Trop. Science *6* (1964), 12—27. — Ref.: Chem. Zbl. *136* (1965), 6924.

Merwe, K. I., Steyn, P. S. van der, Fourie, L., Scott, B. de and Theron, J. J.: Ochratoxin A, a toxic metabolite produced by *Aspergillus ochraceus* Wilh. Nature *205* (1965), 1112—1113.

Meyer, F. H.: Untersuchungen über die Aktivität der Mikroorganismen in Mull, Moder und Rohhumus. Arch. Mikrobiol. *33* (1959), 149—169.

Meyers, S. P. and Reynolds, E. S.: Incidence of marine fungi in relation to wood-borer attack. Science *126* (1957), 969.

Miller, J. H., Giddens, J. E. and Foster, A. A.: A survey of the fungi of forest and cultivated soils of Georgia. Mycologia *49* (1957), 779—808.

Miyake, M. and Saito, M.: Liver injury and liver tumors induced by toxins of *Penicillium islandicum* Sopp growing on yellowed rice. In. G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 133—146.

Moss, M. O.: Toxicity associated with frost-killed Bermuda grass — A preliminary laboratory study. Internat. Biodeterioration Bull. *2* (1966), 5—6.

Mrohs, E.: Die Collembolen des Flachmistkompostes. Z. angew. Ent. *42* (1958), 316—333.

Müller, G.: Untersuchungen über das Nahrungswahlvermögen einiger im Ackerboden häufig vorkommender Collembolen und Milben. Zool. Jb. Syst. *87* (1959), 231—256.

— Bodenbiologie. Jena, 1965.

Müller, G. und Beyer, R.: Über Wechselbeziehungen zwischen mikroskopischen Bodenpilzen und fungiphagen Bodentieren. Zbl. Bakter. II *119* (1965), 133—147.

Müller, G. und Heinicke, U.: Versuche über die toxische Wirkung von *Tagetes* auf einige Collembolenarten. Zool. Jb. Syst. *90* (1962), 211—226.

Müller-Kögler, E.: Pilzkrankheiten bei Insekten — Anwendung zur biologischen Schädlingsbekämpfung und Grundlagen der Insektenmykologie. Berlin, Hamburg, 1965.

Naguib, K.: A preliminary study of the applicability of sweet potatoes for mycological fat production. Mycopath. et Mycol. Appl. *16* (1962), 333—341.

Nesbitt, B. F., O'Kelly, J., Sargeant, K. and Sheridan, A.: Toxic metabolites of *Aspergillus flavus*. Nature *195* (1962), 1062—1063.

Neunes, H. W.: Controlling fluctuations of duration of developmental period in *Drosophila*. J. Kansas Entomol. Soc. *35* (1962), 269—278.

Newberne, P. M.: Carcinogenicity of aflatoxin-contaminated peanut meals. In: G. N. Wogan (Editor): Mycotoxins in foodstuffs. M. I. T. Press, Cambridge, Mass., 1965, 187—208.

Norris, D. M.: The complex of fungi essential to the growth and development of *Xyleborus sharpi in wood*. Material u. Organismen, Beiheft 1, 1966, 523—529.

Parle, J. N.: Micro-organisms in the intestines of earthworm. J. gen. Microbiol. *31* (1963a), 1—11.

— A microbiological study of earthworm casts. J. gen. Microbiol. *31* (1963b), 13—22.

Parrish, F. W., Wiley, B. J., Simmons, E. G. and Long, L. jr.: Production of aflatoxins and kojic acid by species of *Aspergillus* and *Penicillium*. Appl. Microbiol. *14* (1966), 139.

Pathak, S. G. and Seshadri, R.: Use of *Penicillium chrysogenium* mycelium as animal food. Appl. Microbiol. *13* (1965), 262—266.

Peters, I. und Rippel-Baldes, A.: Über das Vorkommen verschiedener Rassen von *Aspergillus niger* van Tiegh, im Boden. Arch. Mikrobiol. *14* (1950), 203—211.

Pielou, D. P.: The fauna of *Polyporus betulinus* (Bulliard) Fries (Basidiomycetes: Polyporaceae) in Gatineau Park, Quebec. Canad. Ent. *98* (1966), 1233—1237.

— The fauna of *Fomes fomentarius* (Linneaeus ex Fries) Kickx growing on dead birch in Gatineau Park, Quebec. Canad. Ent. *98* (1966), 1308—1312.

Plathe, H. P.: Schnecken als Vorratsschädlinge. Beitr. Vorratsschutzforsch. Festschrift Prof. Dr. F. Zacher, 1959, 53—57.

Pons, W. A. jr., Cucullu, A. F., Lee, L. S., Robertson, J. A., Franz, A. O. and Goldblatt L. A.: Determination of aflatoxins in agricultural products: use of aqueous acetone for extraction. J. Assoc. Off. Anal. Chem. *49* (1966), 554—562.

Potter, L. F. and Baker, G. E.: The role of fish as conveyors of microorganisms in aquatic environments. Canad. J. Microbiol. 7 (1961), 595—605.

Powell, N. T.: The role of plant-parasitic nematodes in fungus diseases. Phytopathology *53* (1963), 28—35.

Pramer, D.: Nematode-trapping fungi. Science *144* (1964), 382—388.

— Symposium on microbial insecticides. III. Fungal parasites of insects and nematodes. Bact. Rev. *29* (1965), 382—387.

Pramer, D. and Kuyama, S.: Nemin and the nematode-trapping fungi. Bact. Rev. *27* (1963), 282—292.

Pugh, G. J. F.: Leaf litter fungi found on *Carex paniculata* L. Trans. Brit. mycol. Soc. *41* (1958), 185—195.

Raper, K. B. and Fennell, D. L.: The genus *Aspergillus*. Baltimore, 1965.

Raubitschek, F.: Fungal diseases. In: Van der Hoeden (Editor): Zoonoses. Amsterdam, London, New York, 1964.

Ray, L. D. and Stuntz, D. E.: Possible relation between marine fungi and *Limnoria* attack on submerged wood. Science *129* (1959), 93—94.

Raymond, W. C.: Mycotoxin problems in the United Kingdom and the tropics. Food. Technol *20* (1966), 54—60.

Reddy, T. K. R. and Knowles, R.: The fungal flora of boreal forest raw humus. Canad. J. Microbiol. *11* (1965), 837— 843.

Reinmuth, E. und Dowe, A.: Pilzliche Nematodenfeinde und die Möglichkeit ihrer Verwendung zur biologischen Nematodenbekämpfung. Mitt. Biol. Bundesanst. f. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, H. 118, 1966, 117—131.

Riha, G.: Zur Ökologie der Oribatiden in Kalksteinböden. Zool. Jb. Syst. *80* (1951), 405—450.

Rippel, A.: Über die Verbreitung von *Aspergillus niger*, insbesondere in Deutschland. Arch. Microbiol. *11* (1940), 1—32.

Robinson, P. M. and Park, D.: Citrinin — a fungistatic antibiotic and narrowing factor. Nature *211* (1966a), 883—884.

— Volatile inhibitors of spore germination produced by fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. *49* (1966 b), 639—649.

Ronde, G.: Studien zur Waldbodenkleinfauna. Forstwiss. Cbl. *76* (1957), 95—126.

Rovira A. D.: Interaction between plant roots and soil microorganisms. Ann. Rev. Microbiol. *19* (1965), 241—266.

Rypáček, V.: Biologie holzzerstörender Pilze. Jena, 1966.

Sargeant, K., Carnaghan, R. B. A. and Allcroft, R.: Toxic products in groundnuts. Chemistry and origin. Chem. Ind. 1963, 53—55.

Sargeant, K., O'Kelly, J., Carnaghan, R. B. A. and Allcroft, M.: The assay of a toxic principle in certain groundnut meals. Vet. Rec. *73* (1961), 1219—1223.

Sargeant, K., Sheridan, A., O'Kelly, J. and Carnaghan, R. B. A.: Toxicity associated with certain samples of groundnuts. Nature *192* (1961), 1096—1097.

Schaerffenberg, B.: Biologische Gleichgewichtsstörungen im Boden und ihre Folgen. Z. angew. Entomol. *35* (1954), 136—145.

— Können Pilzepidemien bei Insekten künstlich hervorgerufen werden? Z. angew. Entomol. *58* (1966), 362—372.

Schaller, F.: Zur Ökologie der Collembolen in Kalksteinböden. Zool. Jb. Syst. *78* (1949), 263—293.

— Biologische Beobachtungen an humusbildenden Bodentieren, insbesondere an Collembolen. Zool. Jb. Syst. *78* (1950), 506—525.

— Die Unterwelt des Tierreiches. Kleine Biologie der Bodentiere. Verständliche Wissenschaft Bd. 78, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1962.

Scheerpeltz, O. und Höfler, K.: Käfer und Pilze. Wien, 1946.

Scheffer, R. P., Nelson, R. R. and Pringle, R. B.: Toxin production and pathogenicity in *Helminthosporium victoriae*. Pathology *54* (1964), 602—603.

Schoental, R. and White, A. F.: Aflatoxins and „albinism" in plants. Nature *205* (1965), 57—58.

Scholz-König, E.: Mikrobiologische Charakterisierung von vier Bodenprofilen auf Grund der Populationsdichten. Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. *112* (1966), 122—132.

Schultze-Dewitz, G.: Beiträge zur Kenntnis der stimulierenden Wirkung von Holzschutzmitteln auf holzzerstörende Organismen. Unveröff. Dissertat. math.-nat. Fak. Univers. Hamburg, 1961.

Schuster, R.: Der Anteil der Oribatiden an den Zersetzungsvorgängen im Boden. Z. Morph. u. Ökol. Tiere *45* (1956), 1—33.

Scott, De B.: Toxigenic fungi isolated from cereal and legume products. Mycopath. et Mycol. Appl. *25* (1965), 213—222.

Seidel, D.: Untersuchungen über die Keimhemmung von Pilzsporen im Boden mit Hilfe des Agarscheibentestes. Zbl. Bakter. II *119* (1965), 74—87.

Seifert, G.: Die Tausendfüßler (Diplopoda). Die Neue Brehm-Bücherei H. 273. Wittenberg Lutherstadt, 1961.

Sidransky, H. and Friedman, I.: Pulmonary aspergillosis associated with cortisone and antibiotic administration: Human and experimental studies. Am. J. Pathol. *34* (1958), 585—586 (Abstr.).

Sinha, R. N.: Development and mortality of *Tribolium castaneum* and *T. confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) on seed-borne fungi. Ann. Entomol. Soc. Amer. *59* (1966), 192—201.

Smith, G.: An introduction to industrial mycology. London, 1960.

Smythe, R. V., Allen, T. C. and Coppel, H. C.: Response of the eastern subterranean termite to an atractive extract from *Lenzites trabea*-invaded wood. J. econ. Ent. *58* (1965), 420—423.

Solomon, M. E., Hill, S. T., Cunnington, A. M. and Ayerst, G.: Storage fungi antagonistic to the flour mite *(Acarus siro* L.). J. appl. Ecol. *1* (1964), 119—125.

Spensley, P. C.: Aflatoxin, das Gift der Truthahn-Krankheit. Endeavour *22* (1963), 75—79.

Spicher, G.: Die Mikroflora des Roggens der Ernte 1959. Getreide u. Mehl *12* (1962 a), 20—23. — Ref.: Zbl. Bakter. II *119* (1965), 108 (Autorenref.).

— Die Mikroflora des Weizens der Ernte 1959. Getreide u. Mehl *12* (1962 b), 46—48. — Ref.: Zbl. Bakter. II. *119* (1965), 107 (Autorenref.).

Stakmann, E. C. and Christensen, C. M.: Aerobiology in relation to plant disease. Bot. Rev. *12* (1946), 205—253.

Stankusev, H.: (The effect of the temperature, moisture, and aeration on the degree of toxin formation in some microscopie fungi.) Izv. Tsentr. Vet. Nauchnoizsled. Inst. Nezarazni Bolesti zoohig., Akad. Selskostopansk. Nauki Bulgar. *3* (1963), 141—147. — Ref.: Chem. Abstr. *62* (1965), 2001.

Steiner, P.: Ist verblautes Holz vor Hausbockbefall geschützt? Anz. Schädlingskd. *15* (1939), 125—128.

Steinhaus, E. A. and Bell, C. R.: The effect of certain microorganisms and antibiotics on stored-grain insects. J. econ. Ent. *46* (1953), 582—598.

Stoloff, L. and Trager, W.: Recommended decontamination procedures for aflatoxin. J. Assoc. Off. Anal. Chem. *48* (1965), 681—682.

Talbot, H. B.: Disperseal of fungus spores by small animals inhabiting wood and bark. Trans. Brit. mycol. Soc. *35* (1952), 123—128.

Tamm, C.: Neuere Ergebnisse der Antibiotika-Forschung. Angew. Chemie *78* (1966), 496—497.

Tatsuno, T.: (Biochemische Untersuchungen über die toxischen Substanzen von durch *Penicillium islandicum* Sopp verfärbtem Reis.). Prod. Probl. pharm. *18* (1963), 180—186. — Ref.: Chem. Zbl. *136* (1965), 16620.

Teuber, M. und Poschenrieder, H.: Untersuchungen über den Einfluß senfölhaltiger Nematozide auf die Mikrobenflora eines kultivierten Niedermoorbodens. Bayer. Landw. Jahrb. *41* (1964), H. 3 (Sonderdruck 8 S.).

— Ref.: Zbl. Bakter. II *119* (1965), 215.

Theden, G. und Kerner-Gang, W.: Ergebnisse von Untersuchungen über Schäden an optischen Gläsern durch Pilze. Glastechn. Ber. *37* (1964), 200—205.

Theden, G. und Schultze-Motel, M.: Untersuchungen über sieben zur Prüfung der Schimmelwiderstandsfähigkeit von Werkstoffen benutzte Pilze. Angew. Bot. *34* (1960), 133—157.

Thom, Ch. and Raper, K. B.: A manual of the Aspergilli. Baltimore, 1945, 1. Reprint 1951.

Tilden, E. B., Freeman, S. and Lombard, L.: Further studies of the *Aspergillus* endotoxins. Mycopathol. et Mycol. Appl. *20* (1963), 253—271.

Tilden, E. B., Hatton, E. H., Freeman, S., Williams, W. M. and Koenig, V. L.: Preparations and properties of the endotoxins of *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus flavus*. Mycopath. et Mycol. Appl. *14* (1961), 325—346.

Törne, E. v.: Indirekter Nachweis von Elektivwirkungen mineralischer Düngemittel auf die Mikroflora von rottendem Getreidestroh. Zbl. Bakter. II *116* (1963), 681—688.

Tyner, L. E.: Colonization of organic matter in the soil by fungi. Phytopathology *51* (1961), 625—634.

Vaartaja, O. and King, J.: Fungi associated with a wood wasp in duying pines in Tasmania. Phytopathology *54* (1964), 1031—1032.

Vago, C.: Predispositions and interelations in insect diseases. In: E. A. Steinhaus (Editor): Insect pathology. Vol. 1, New York, London, 1963, 339—379.

Waid, J. S.: Distribution of fungi within the decomposing tissues of ryegrass roots. Trans. Brit. mycol. Soc. *40* (1957), 391—406.

— The growth of fungi in soil. In: D. Parkinson and J. S. Waid (Editors): The ecology of soil fungi. Liverpool, 1960, 55—75.

Walker, J. T., Specht, C. H. and Bekker, J. F.: Nematocidal activity to *Pratylenchus penetrans* by culture fluids from actinomycetes and bacteria. Canad. J. Microbiol. *12* (1966), 347—351.

Warcup, J. H.: The ecology of soil fungi. Trans. Brit. mycol. Soc. *34* (1951), 376—399.

Watanabe, T. and Casida, J. E.: Response of *Reticulitermes flavipes* to fraction from fungus-infected wood and synthetic chemicals. J. econ. Ent. *56* (1963), 300—307.

Watling, R.: The fungal succession on hawk pellets. Trans. Brit. mycol. Soc. *46* (1963), 81—90.

Weber, N. A.: Fungus-growing ants. Science *153* (1966), 587—604.

Webster, J.: Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. I. J. Ecol. *44* (1956), 517—544.

— Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. II. J. Ecol. *45* (1957), 1—30.

Webster, J. and Dix, N. J.: Succession of fungi on decaying cocksfoot culms. Part III. Trans. Brit. mycol. Soc. *43* (1960), 85—99.

Weltzien, H. C.: Untersuchungen über die Ursachen der Keimhemmung von Pilzsporen im Boden. Zbl. Bakter. II *116* (1963), 131—170.

Weygoldt, P.: Vergleichende Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie der Pseudoscorpione. Beobachtungen über das Verhalten, die Samenübertragungsweisen und die Spermatophoren einiger einheimischer Arten. Z. Morph. u. Ökol. Tiere *57* (1966), 39—92.

White, M. G.: The effect of blue stain in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on growth of larvae of the houselong-hornbeetle (*Hylotrupes bajulus* L.). J. Inst. Wood. Sci. (1962), 27—31.

Wilcke, E.: Über die vertikale Verteilung der Lumbriciden im Boden. Z. Morph. u. Ökol. Tiere *41* (1953), 372—385.

Wilson, B. J.: Toxins other than aflatoxins produced by *Aspergillus flavus*. Bact. Rev. *30* (1966), 478—484.

Winter, A. G. und Willecke, L.: Über die Aufnahme von Antibiotics durch höhere Pflanzen und ihre Stabilität im natürlichen Boden. Naturwiss. *38* (1951), 457—458.

Wogan, G. N.: Chemical nature and biological effects of the aflatoxins. Bact. Rev. *30* (1966), 460—470.

Wright, J. M.: Production of gliotoxin in soils. Nature *177* (1956), 896.

Wynston, L. K. and Tilden, E. B.: Chromatographic fractionation of *Aspergillus* endotoxins. Mycopath. et Mycol. Appl. *20* (1963), 272—283.

Yadav, A. S.: The ecology of microfungi on decaying stems of *Heracleum sphondylium*. Trans. Brit. mycol. Soc. *49* (1966), 471—485.

Yung, C. and Stenton, H.: A study of the phycomycetes in the soils of Hong Kong. Trans. Brit. mycol. Soc. *47* (1964), 127—139.

Zachariae, G.: Was leisten Collembolen für den Waldhumus? In: J. Doeksen and J. van der Drift (Editors): Soil Organisms. North-Holland, Amsterdam, 1963, 109—124.

— Welche Bedeutung haben Enchytraeen im Waldboden? In: A. Jongerius (Editor): Soil micromorphology. Amsterdam, 1964, 57—68.

Zähner, H.: Biologie der Antibiotica. Heidelberger Taschenb. Nr. 5, Heidelberg, 1965.

Zijden, A. S. M. van der, Koelensmid, W. A. A., Boldingh, J., Barrett, C. B., Ord, W. O. and Philip, J.: Isolation in crystalline form of a toxin responsible for turkey X disease. Nature *195* (1962), 1060—1062.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Michael Lenz
1 Berlin 42, Manfred-von-Richthofen-Str. 13

Lebenslauf

Am 24. Oktober 1941 wurde ich, Hermann Karl Wilhelm Michael Lenz in Berlin-Pankow als zweiter Sohn des Industriekaufmanns Carl Lenz und seiner Ehefrau Annelies, geb. Hustig, geboren. Ich wurde im evangelischen Glauben erzogen.

Von 1943—45 waren meine Mutter, mein Bruder und ich bei meinen Großeltern in Dresden; wir erlebten dort den Angriff. Im Juli 1945 übersiedelten wir wieder in unsere Wohnung nach Berlin-Pankow. Im Jahre 1947 kam ich dort auf die Grundschule, die ich bis zur 6. Klasse durchlief.

Im April 1953 zogen meine Eltern von Berlin-Pankow nach Berlin-Tempelhof. Da ich als Fremdsprache nur Russisch und noch kein Englisch hatte, besuchte ich noch einmal die sechste Klasse in der 5. Grundschule in Berlin-Tempelhof. Ostern 1954 trat ich in die Askanische Schule, 2. OWZ, in Berlin-Tempelhof ein. Im März 1961 habe ich an dieser Schule mein Abitur bestanden.

Seit dem Sommersemester 1961 studiere ich an der Freien Universität Berlin Biologie mit dem Hauptfach Zoologie und den Nebenfächern Botanik und Chemie. Im Wintersemester 1963/64 legte ich mit befriedigendem Erfolg das Vordiplom ab. Vom Mai 1965 an arbeitete ich an meiner Dissertation. Den experimentellen Teil der Arbeit führte ich an der Bundesanstalt für Materialprüfung in Berlin-Dahlem durch.